

Opstellen handleiding voor het zelfstandig uitvoeren van een meting met Ground Penetrating Radar



Peter Schakel
S0203955
17 augustus 2016

Voorwoord

Voor u ligt het Bachelor verslag ‘Opstellen handleiding voor het zelfstandig uitvoeren van een meting met Ground Penetrating Radar’ waarin middels twee handleidingen richtlijnen zijn opgesteld voor het gebruik van een grondradar voor het in kaart brengen van ondergrondse infrastructuur. Dit verslag is geschreven in het kader van mijn bachelor opdracht ter afsluiting van de bachelor Civiele Techniek aan de Universiteit Twente, waarbij de opdracht is verzorgd door het Facilitair Bedrijf Universiteit Twente.

Dit onderzoek is opgesteld in samenwerking met mijn begeleider Léon Olde Scholtenhuis en manager onderhoud Ray Klumpert van het Facilitair Bedrijf Universiteit Twente. In de eerste periode van het onderzoek is vastgesteld dat er kennisbehoefte was bij het Facilitair Bedrijf om dichterbij het implementeren van grondradar voor het in kaart brengen van de ondergrondse infrastructuur te komen. Met de kennisbehoefte, het opstellen van richtlijnen voor het gebruik van de grondradar, heb ik mij volledig kunnen focussen op het opstellen van deze richtlijnen in twee handleidingen. Dit verslag geeft u een overzicht van het doorlopen proces.

Graag wil ik mijn begeleider bij het Facilitair Bedrijf Ray Klumpert bedanken voor de ondersteuning en flexibele houding gedurende mijn opdracht. Met concrete doelstellingen in combinatie met de vrijheid voor het uitvoeren van mijn eigen visie in deze opdracht, heb ik veel ervaring kunnen opdoen in het zelfstandig uitvoeren van een project en de verantwoordelijkheid die daarbij komt kijken zonder daarbij het gevoel te krijgen teveel werk aangenomen te hebben. Mijn stagebegeleider Léon Olde Scholtenhuis wil ik graag bedanken voor het geven van waardevolle feedback om mijn verslag naar een academisch niveau te tillen en het sparren over de juiste indeling van zo’n academisch verslag. Tijdens mijn onderzoek heb ik ook veel hulp gekregen van Dick van der Roest, de ontwerper en oprichter van GT Frontline, die de grondradar die in het onderzoek gebruikt is verzorgd heeft. Hij was altijd bereid mij te helpen met vragen op het gebied van de grondradar met veel enthousiasme, waarvoor ook zeer veel dank.

Daarnaast wil ik graag de andere mensen bedanken die bijgedragen hebben. Alexander van Duursen voor zijn hulp met AutoCAD, toegang tot het archief en het uitvoeren van de metingen. Mijn broer Erik Schakel voor het delen van zijn kennis en visie op vraagstukken als ik deze had, mijn ouders voor de support gedurende mijn onderzoek maar ook de hele studie en mijn collega’s Jos Scheepvaart en Arno Schanssema voor de gezellig tijd bij het Facilitair Bedrijf.

Ik wens u veel lees plezier toe bij dit verslag.

Peter Schakel

Enschede, 12 juli 2016

Samenvatting

Een groot deel van de voorzieningen in Nederland liggen ondergronds. Het grote voordeel van het ondergronds plaatsen van deze kabels en leidingen is dat ze geen directe hinder creëren voor bovengrondse objecten en personen. Het nadeel is dat ze niet te zien zijn, en dus moeilijk te lokaliseren zijn. Vanwege de hoge dichtheid van de ondergrondse infrastructuur in Nederland is er vaak schade aan kabels en leidingen bij werkzaamheden waarbij een grondroering plaatsvindt.

Een van de mogelijkheden voor het in kaart brengen van deze ondergrondse infrastructuur is het gebruik van een grondradar. Ground penetrating radar is een non invasieve meetmethode en gebruikt elektromagnetische golven voor het in kaart brengen van ondergrondse entiteiten zoals kabels en leidingen. Hiermee hoeft er dus geen grondroering plaats te vinden, waardoor deze techniek een stuk minder ingrijpend is dan bijvoorbeeld het graven van een sleuf.

Echter, omdat de grondradar midden in zijn ontwikkeling zit, zijn er uitdagingen op het gebied van implementatie. Zo is er in de literatuur nog weinig bekend over veldprocedures, is de literatuur op het gebied van grondradars al wat ouder en is de vraag of deze nog representatief is voor de huidige staat van ontwikkeling van de grondradar. Daarnaast is het zelfstandig uitvoeren van grondradarmetingen iets wat steeds vaker gebeurt. Bedrijven of particulieren krijgen een training in het gebruik van de grondradar om vervolgens zelfstandig hiermee aan de slag te gaan. Het uitvoeren van zo'n meting door personen met weinig tot geen ervaring behalve de gegeven training biedt ruimte voor willekeur in het proces van de meting. Deze willekeur en onbedoelde variatie als gevolg van het ontbreken van richtlijnen kan leiden tot onvolledige of onbruikbare resultaten. Het gevolg hiervan is dat grondradar gebruik vaak gezien wordt als een 'onprofessionele' toepassing.

Liander, Nederlands grootste netbeheerder, heeft na recente problemen met graafschade in samenwerking met de Universiteit Twente het doel gesteld om het grondradargebruik te professionaliseren. Een eerste stap van deze professionalisering is het opstellen van handleidingen die het grondradarmeetproces moeten structureren naar een standaard meetmethodiek. Dit onderzoek heeft daarom als doel het opstellen van een protocol in de vorm van een handleiding voor het uitvoeren van een grondradarmeting voor een standaard meetmethodiek.

Hierbij zijn uiteindelijk twee handleidingen opgesteld, Handleiding A betreffende informatie over de grondradar zelf en zijn functionaliteiten en Handleiding B welke de gebruiker door het grondradarmetingproces heen leidt.

De informatie in de handleidingen is een combinatie van literatuuronderzoek, kennis van grondradar experts en eigen ervaring door het uitvoeren van zelfstandige metingen. Allereerst zijn er twee concept handleidingen opgesteld, welke vervolgens door middel van revisie en een veldtest zijn verbeterd. De verzamelde feedback is geanalyseerd en verwerkt in twee eindproducten.

Conclusie van de analyse van de literatuur over de grondradar is dat de literatuur achter loopt en geen actuele weergave meer biedt. Veel knelpunten die in de literatuur beschreven worden zijn niet meer relevant en de instellingen zijn voor dit onderzoek vastgezet in de optimale stand voor het detecteren van kabels en leidingen en zijn dus ook voor de gebruiker niet relevant meer. Hoofdstuk 11 geeft een overzicht van de niet meer relevante knelpunten die in het onderzoek naar voren zijn gekomen.

Bijlage E en F bevatten de handleidingen die zijn vastgesteld met de beoogde richtlijnen.

Summary

A large part of the utilities in the Netherlands is located below the surface. The main advantage of locating these utilities below the ground level is it limits the nuisance for above ground objects and persons. Disadvantage is it can be difficult to locate the exact location of these utilities. As a result of the high density of the subsurface utilities excavation works often result in damages to these utilities.

One of the possibilities of locating underground infrastructure is the use of ground penetrating radar. GPR is a noninvasive method that uses electromagnetic waves for mapping subsurface utilities, which results in information about the underground infrastructure without the need for excavation works.

However GPR is currently in the middle of its development, still facing a lot of challenges on the area of implementation. In literature little information is found on field surveys with a note that most literature is of an older age. The question rises if present literature describes a representative image of the current state of the art of GPR. An increasingly occurring phenomena is companies and individuals who independently perform GPR measurements. They are given a training in the use of the GPR after which they perform the measurements themselves. Result of performing independent measurements after basic training is it creates room for arbitrariness in the process. This arbitrariness and unmeant variance in measurements is the result of missing guidelines and can lead to inaccurate results. As a result of this ground penetrating radar is often viewed as an ‘unprofessional’ method.

After a recent incident with excavation damage Liander, Netherlands largest utility owner, started in association with the University of Twente a project on professionalizing the use of ground penetrating radar. Part of this professionalizing is creating manuals to standardize GPR measurements. The goal of this research is creating a protocol in the form of a manual to standardize GPR measurements.

For reaching this goal two manuals were developed. Manual A which gives information on the ground penetrating radar itself, its components and how to use the radar and Manual B, which gives an structured outline for performing an independent measurement with the radar.

The information captured in these manuals is gathered through a literature study, experts on the area of ground penetrating radar and personal experience from performing independent measurements. First two concept manuals were drafted which thereafter were improved by revision by experts and a field-test performed by the author. The accumulated feedback is reviewed and processed for two final manuals.

The literature review, added with knowledge of experts and personal experience lead to the conclusion that the current state of the art of the literature on ground penetrating radar is outdated. It does not give a representative image of the technology anymore. Most of the constraints identified in the literature are not a problem anymore, and the settings are not of an issue for the users as they were kept in the standard settings for this research. The company developing the radar, GT Frontline, has optimized the settings for its purpose. As a result some constraints found in the literature review are outdated with the state of the art GPRs. An overview of outdated constraints of the GPR is given in Chapter 11.

Appendix E and F contain the final results of the developed manuals.

Inhoudsopgave

FIGUREN EN TABELLENLIJST	1
BEGRIPPEN EN AFKORTINGEN	2
1. INLEIDING	3
2. HET ONDERZOEK	4
2.1 Hoofdpijnen	4
2.2 Doelstelling	5
2.3 Opzet onderzoek	6
2.4 Deelnemende partijen	7
DEEL 1: VOORSTUDIE	8
3. IN KAART BRENGEN ONDERGRONDSE INFRASTRUCTUUR	9
3.1 Geschiedenis en Huidige situatie	9
3.2 Technieken	10
4. GROUND PENETRATING RADAR	11
4.1 Theorie	11
4.2 Praktijk	14
5. RESULTAAT VOORSTUDIE	15
DEEL 2: METHODE	16
6. OPSTELLEN CONCEPT HANDLEIDING A	17
6.1 Vastleggen en analyseren data	18
7. OPSTELLEN CONCEPT HANDLEIDING B	18
8. VERZAMELEN FEEDBACK CONCEPT HANDLEIDINGEN	19
9. VELDTEST UNIVERSITEIT TWENTE	20
10. VERWERKING FEEDBACK	22
DEEL 3: RESULTATEN	23
11. RESULTAAT LITERATUURONDERZOEK	24
12. CONCEPT HANDLEIDING A	24
13. CONCEPT HANDLEIDING B	25
14. FEEDBACK	27
15. EINDRESULTAAT	29
16. DISCUSSIE	30
17. CONCLUSIE	31
BIBLIOGRAFIE	32
BIJLAGE A: CORRESPONDENTIE LIANDER EN UNIVERSITEIT TWENTE	34
BIJLAGE B: TECHNIEKEN IN KAART BRENGEN ONDERGRONDSE INFRASTRUCTUUR	35
BIJLAGE C: INTRODUCTIE POST-PROCESSING GRONDRADARMETING	37
BIJLAGE D: OVERZICHT VERZAMELDE FEEDBACK	39

Figuren en tabellenlijst

FIGUUR 1: INPASSING BACHELOR ONDERZOEK BINNEN DE VISIE VAN UNIVERSITEIT TWENTE	5
FIGUUR 2: GRAFISCHE WEERGAVE INPASSING ONDERZOEK.....	6
FIGUUR 3: UITGEVOERDE STAPPEN ONDERZOEK	6
FIGUUR 4: VISUELE WEERGAVE ONDERWERPEN DEEL 1	8
FIGUUR 5: SCHEMATISCHE WEERGAVE ONDERDELEN GPR (EVANS, 2009)	11
FIGUUR 6: VOORBEELD RESULTAAT GPR (TAKAHASHI, IGEL, PREETZ, & KURODA, 2012).....	11
FIGUUR 7: CRD PARAMETERS GPR	13
FIGUUR 8: VISUELE WEERGAVE ONDERWERPEN DEEL 4.....	16
FIGUUR 9: SCHEMATISCH OVERZICHT GEVOLGDE STAPPEN VOOR INFORMATIEVERZAMELING EN VERWERKING VOOR HANDLEIDING A	17
FIGUUR 10: SCHEMATISCH OVERZICHT GEVOLGDE STAPPEN VOOR INFORMATIEVERZAMELING EN VERWERKING HANDLEIDING B	18
FIGUUR 11: METHODE VELDTEST UNIVERSITEIT TWENTE	20
FIGUUR 12: VISUELE WEERGAVE ONDERWERPEN DEEL 3.....	23
FIGUUR 13: INDELING CONCEPT HANDLEIDING A.....	25
FIGUUR 14: INDELING CONCEPT HANDLEIDING B	26
FIGUUR 15: OVERZICHT OUDE SITUATIE IN FIGUUR 15A EN NIEUWE SITUATIE IN FIGUUR 15B.....	28
FIGUUR 16: OVERZICHT TOEGEPASTE FEEDBACK	29
FIGUUR C.1: SCHEMATISCHE WEERGAVE BASISSTAPPEN DATA VERWERKING (BENEDETTO & PAJEWSKI, 2016).....	37
TABEL 1: VOORBEELD TYPISCH BEREIK VAN DIËLEKTRISCHE KARAKTERISTIEKEN VOOR VERSCHILLENDE MATERIALEN BIJ 100 MHZ (DANIELS, 2004) (CASSIDY, ELECTRICCAL AND MAGNETIC PROPERTIES OF ROCKS, SOILS AND FLUIDS, 2009)	12
TABEL 2: OVERZICHT PARAMETERS VOOR HET GEBRUIK VAN EEN GPR (ANNAN, GROUND PENETRATING RADAR PRINCIPLES, PROCEDURES & APPLICATIONS, 2003) (ELTESTA, 2016) (HAUSMANN & KRAINER, 2010).....	12
TABEL 3: KNELPUNTEN GPR (GROUND PENETRATING RADARS SYSTEMS, 2016).....	14
TABEL 4: OVERZICHT VAN NIET MEER RELEVANTE KNELPUNTEN BIJ DE GEBRUIKTE GRONDRADAR	24
TABEL C.1: TOELICHTING TECHNIKEN BASIS NABEWERKING RUWE GPR DATA (CASSIDY, GOUND PENETRATING RADAR DATA PROCESSING, MODELLING AND ANALYSIS, 2009) (BENEDETTO & PAJEWSKI, 2016)	38
TABEL D.1: OVERZICHT VERZAMELDE FEEDBACK	39

Begrippen en afkortingen

Causaal Relatie Diagram (CRD)

Diagram die weergeeft hoe grootheden elkaar beïnvloeden.

Grondradar

Nederlandse benaming van Ground Penetrating Radar

Grondroering

Roering van de grond waarbij ondergrondse objecten beschadigd kunnen raken. Hieronder valt niet alleen graven maar ook bijvoorbeeld heien of een gestuurde boring.

Ground Penetrating Radar (GPR)

Non invasieve geofysische methode om ondergrondse infrastructuur met behulp van radar in beeld te brengen.

InfraRadar

De 3D grondradar gebruikt in dit project. Ontwikkeld door GT Frontline.

Kabel en Leiding InformatieCentrum (KLIC)

Kadaster dienst voor het uitvoeren van de Wet Informatie-uitwisseling Ondergrondse Netten. Deze wet verplicht grondroerders een zogeheten KLIC melding te doen bij het Kadaster voor een grondroering. Ter voorkoming van graafschade.

Kabels en Leidingen

Andere benaming voor ondergrondse infrastructuur.

Non invasieve technieken

Technieken waarbij de ondergrond in kaart wordt gebracht zonder het uitvoeren van een grondroering.

Ondergrondse Infrastructuur (OI)

Het geheel van voorzieningen dat zich onder het grondoppervlak bevindt (normcommissie 349 200 "Dwarsprofielen", 2009)

Return on investment (ROI)

Het rendement op een investering.

Wet Informatie-uitwisseling Ondergrondse Netten (WION)

In deze wet staat dat bij elke mechanische grondroering (met uitzondering van agrariërs) een graafmelding uitgevoerd moet worden bij het kadaster. Ook moeten kabel- en leidingbeheerders alle ondergrondse infrastructuur digitaal binnen vastgestelde nauwkeurigheid beschikbaar hebben voor het Kadaster als deze daarnaar vraagt (Kadaster, 2016).

1. Inleiding

Een groot deel van de voorzieningen in Nederland liggen ondergronds. Het grote voordeel van het ondergronds plaatsen van deze kabels en leidingen is dat ze geen directe hinder creëren voor bovengrondse objecten en personen. Het nadeel is dat ze niet te zien zijn, en dus moeilijk te lokaliseren zijn. Vanwege de hoge dichtheid van de ondergrondse infrastructuur in Nederland is er vaak schade aan kabels en leidingen bij werkzaamheden waarbij een grondroering plaatsvindt. Het is dus belangrijk voordat er een grondroering plaatsvindt dat de grondroerder weet of er zich ondergrondse infrastructuur in het gebied bevindt. Slechte informatie kan leiden tot onder andere vertraging van een project, toenemende kosten, gezondheidsschade als gevolg van ongelukken of bijvoorbeeld een gaslekage en milieuschade als gevolg van lekkage uit een leiding met schadelijke stoffen aldus Mooney et al. (2010). Uit noodzaak is er een wet opgesteld die graafschade moet tegengaan. Zo is in de WION (Wet Informatie-uitwisseling Ondergrondse Netten) uit 2008 vastgesteld dat beheerders alle kabels en leidingen binnen vastgestelde nauwkeurigheid digitaal beschikbaar moeten hebben als het kadaster daarom vraagt. Deze informatie wordt dan beschikbaar gesteld aan de grondroerder (Kadaster, 2016). Als gevolg hiervan is het noodzakelijk voor beheerders om de ondergrondse infrastructuur duidelijk in kaart te hebben.

Een van de mogelijkheden voor het in kaart brengen van deze ondergrondse infrastructuur is het gebruik van een grondradar. Ground penetrating radar is een non invasieve meetmethode en gebruikt elektromagnetische golven voor het in kaart brengen van ondergrondse entiteiten zoals kabels en leidingen. Hiermee hoeft er dus geen grondroering plaats te vinden, waardoor deze techniek een stuk minder ingrijpend is dan bijvoorbeeld het graven een sleuf.

Het nauwkeurig in kaart brengen van de ondergrondse infrastructuur is een tijdrovend en duur proces. Het gebruik van een innovatieve techniek als de grondradar kan dit proces versimpelen, versnellen en goedkoper maken. Echter, omdat de grondradar midden in zijn ontwikkeling zit, zijn er uitdagingen op het gebied van implementatie. Zo is er nog weinig bekend over veldprocedures in de literatuur, en is de literatuur op het gebied van grondradars al wat ouder en is de vraag of deze nog representatief is voor de huidige staat van ontwikkeling van de grondradar. Daarnaast is het zelfstandig uitvoeren van grondradarmetingen iets wat steeds vaker gebeurt. Bedrijven of particulieren krijgen een training in het gebruik van de grondradar om vervolgens zelfstandig hiermee aan de slag te gaan. Het uitvoeren van zo'n meting door personen met weinig tot geen ervaring behalve de gegeven training biedt ruimte voor willekeur in het proces van de meting. Deze willekeur en onbedoelde variatie als gevolg van het ontbreken van richtlijnen kan leiden tot onvolledige resultaten en zorgt voor het beeld dat de grondradar een 'onprofessionele' toepassing is.

Als gevolg van deze uitdagingen is dit onderzoek opgesteld, welke zich richt op het vastleggen van richtlijnen voor een grondradarmeting in twee handleidingen. Dit zal het doen aan de hand van de literatuur, kennis van experts op het gebied van grondradars en eigen praktijkervaring die tijdens het onderzoek wordt opgedaan. Met deze verschillende kennisbronnen zijn de richtlijnen opgesteld en vastgelegd in de handleidingen. Waarbij er tevens geïnventariseerd is of de literatuur nog een actueel beeld geeft van de grondradar techniek.

Met deze richtlijnen kan het proces van een grondradarmeting gestructureerd worden. Het geeft houvast aan minder ervaren personen die zelfstandig een meting uitvoeren door deze door alle belangrijke aspecten van een meting heen te loodsen. Het resultaat zorgt er dus voor dat de uitvoerder na de training een informatiebron ter beschikking heeft en dat alle metingen op dezelfde manier worden uitgevoerd.

Het volgende hoofdstuk geeft een overzicht van het onderzoek en hoe dit verslag is opgebouwd.

2. Het Onderzoek

Dit hoofdstuk zet het complete uitgevoerde onderzoek uiteen. Het begint met de initiatie van het onderzoek, om vervolgens de inpassing van het onderzoek in het grotere geheel toe te lichten. Vervolgens zal de opzet van het onderzoek uiteengezet worden en afgesloten worden met een overzicht van alle betrokken partijen.

2.1 Hoofdpijnen

Het onderzoek is onderdeel van een groter project van de Universiteit Twente en past binnen een bepaalde visie. Het onderzoek is geïnitieerd door Liander en onderdeel van het Living Lab project van de universiteit.

2.1.1 Initiatie

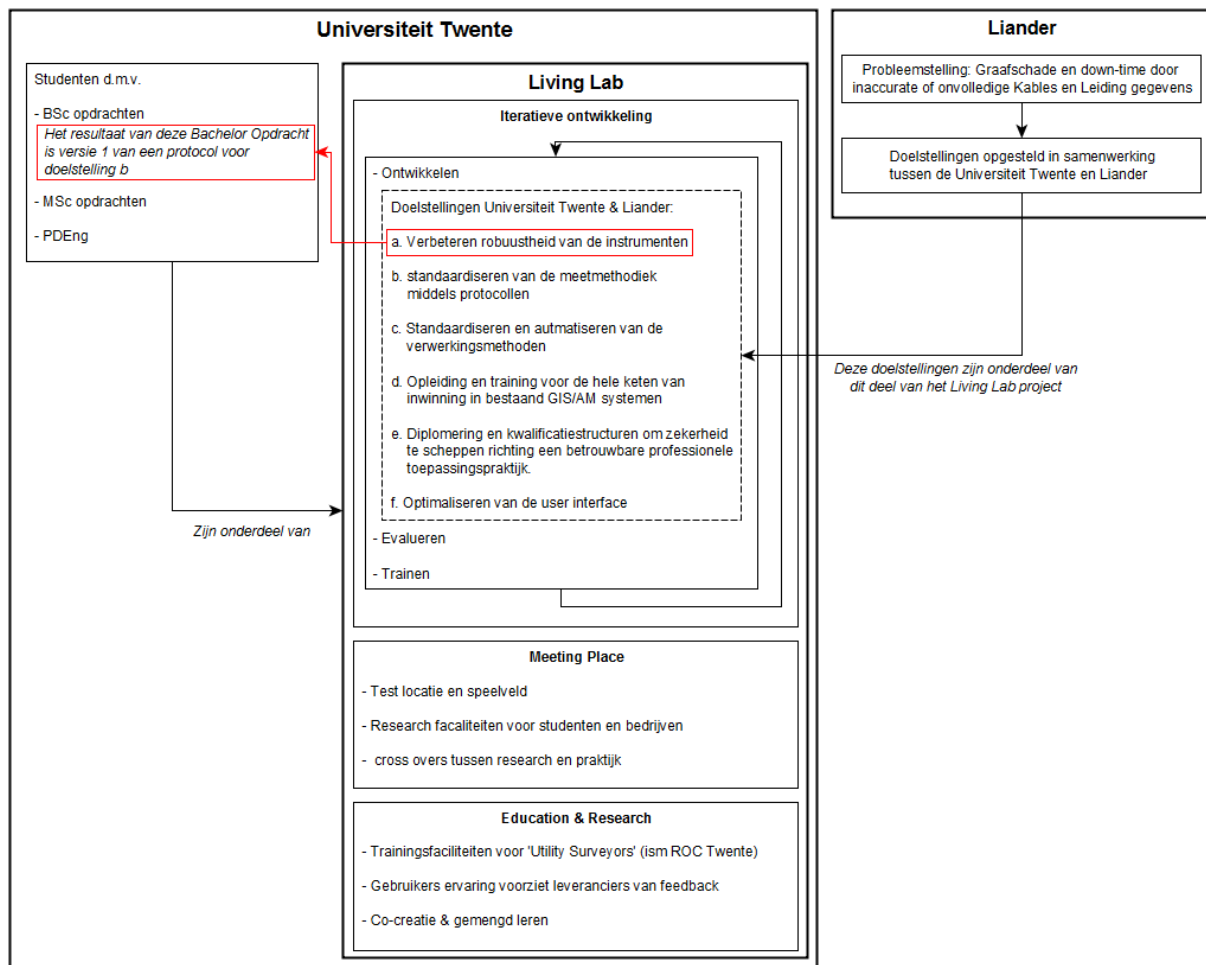
Dit onderzoek is in gang gezet na correspondentie tussen Liander, de grootste netbeheerder in Nederland, en de Universiteit Twente. Liander geeft hierin aan dat één derde van de downtime wordt veroorzaakt door graafschades, welke in de praktijk veroorzaakt worden door kaartgegevens die vaak niet volledig of correct blijken te zijn. Dit heeft een negatieve invloed op de leveringszekerheid en de performance score waar netbeheerders op worden aangesproken en soms afgerekend. Daarnaast is na een graafrecent incident te diemen de keuze gemaakt dat ook alle huisaansluitingen in kaart gebracht moeten gaan worden, wat voor een grote inspanning in een korte tijd gaat zorgen. Voor het in kaart brengen willen zij zich richten op het gebruik van grondradar. Het probleem dat zij op dit moment erkennen bij grondradar gebruik wordt als volgt omschreven: *“GPR wordt al lange tijd als oplossingsrichting gezien voor site-exploration en site-investigation. De acceptatie en adoptie van GPR wordt momenteel gebinderd door de ‘naïeve’ toepassing. Een aantal bedrijven hebben GPR instrumenten aangeschaft zonder zich goed bewust te zijn van benodigde deskundigheid – m.b.t. de werking, de mogelijkheden en de beperkingen, de voorwaarden aan methodische data-inwinning en verwerking. Deze ‘naïeve toepassing’ heeft een negatieve impact op de adoptie, de progressie en leidt tot (onterechte) teleurstellingen over de technologie”*. Hierbij wordt met naïeve toepassing bedoeld het niet gestructureerd te werk gaan met specialistische apparatuur met als gevolg niet betrouwbare resultaten.

Hierbij heeft Liander een aantal doelen gesteld, waarbij dit onderzoek zich richt op één van die doelstellingen, namelijk het standaardiseren van meetmethodiek middels protocollen. Door het structureren van de meetmethodiek verdwijnt de ‘naïviteit’ uit de toepassing. Bijlage A geeft een overzicht van de punten vastgelegd door Liander.

2.1.2 Living Lab

De problemen geïntendeerd door Liander zijn onderdeel van het Living Lab project van de Universiteit Twente. Het Living Lab project is onder andere het ontwikkelen, testen, evalueren en trainen in innovatieve oplossingen voor civieltechnische problemen op de campus. Deze is opgezet omdat de universiteit gezien kan worden als een kleinschalige stad met een hoge mate van functiemeningen en grote dichtheid van voorzieningen op het terrein. Deze omstandigheden als ook het feit dat de universiteit alle voorzieningen in eigen beheer heeft maakt dat het terrein hiervoor uitermate geschikt is. De focus van Living Lab ligt op het ontwikkelen van methodes om de overgang van de huidige situaties naar Smart Cities een realiteit te maken, waarbij het project met Liander een van de projecten is die binnen Living Lab wordt uitgevoerd. Het Living Lab project spreidt zich ook uit over andere gebieden behalve de Civieltechnische kant, maar binnen dit onderzoek is alleen het Civieltechnische onderdeel van toepassing.

Figuur 1 geeft een schematisch overzicht van het Living Lab project, de opzet en waar dit onderzoek in samenwerking met Liander binnen het project past.



Figuur 1: Inpassing Bachelor onderzoek binnen de visie van Universiteit Twente

Het onderdeel van Living Lab betreffende de Civieltechnische kant wordt gevormd door onderzoeksgroepen en het Facilitair Bedrijf van de Universiteit Twente welke verantwoordelijk is voor het beheer van de voorzieningen en het terrein. Na correspondentie tussen Liander en de Universiteit Twente zijn een aantal doelstellingen gevormd. Zoals in Figuur 1 te zien is richt dit onderzoek zich op één van de opgesteld doelstellingen.

2.2 Doelstelling

Het doel van dit onderzoek is het standaardiseren van de meetmethodiek middels protocollen. Dit houdt in het vastleggen van richtlijnen voor het uitvoeren van een grondradarmeting in een handleiding. Hierbij worden twee handleidingen opgesteld.

Handleiding A: Deze handleiding zal voorzien in de informatie betreffende de werking van de grondradar. Hierin worden de basis functionaliteiten toegelicht die nodig zijn om met de grondradar een meting uit te kunnen voeren. Deze handleiding bevat dus geen protocollen voor de meting zelf maar is ter ondersteuning en is toegevoegd zodat een gebrek aan kennis over de grondradar zelf een zelfstandige meting niet in de weg staat.

Handleiding B: Hierin wordt het proces van een grondradar meting uiteengezet in verschillende fases en handelingen. Aan de hand van deze handleiding kan een gestructureerde meting uitgevoerd worden waarbij consistente meetresultaten behaald worden.

Deze handleidingen worden in samenwerking met en voor het Facilitair Bedrijf Universiteit Twente ontwikkeld zodat deze de handleidingen kan gaan gebruiken. De opgestelde handleidingen zijn versie 1,

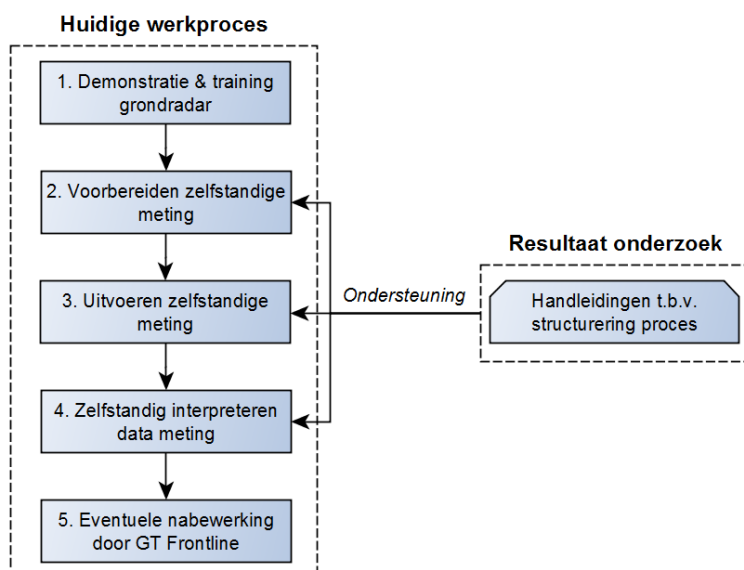
waarna het FB als onderdeel van Living Lab de handleidingen kan testen, evalueren en uitbreiden tot completere en gereviseerde handleidingen.

2.3 Opzet onderzoek

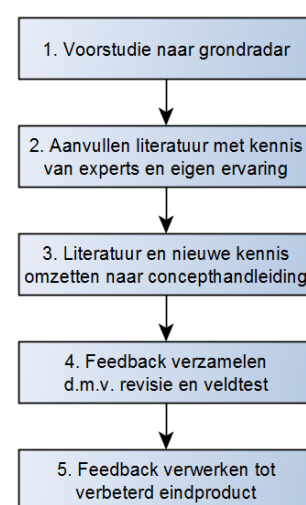
Het doel van dit onderzoek zelf is de structurering van het zelfstandige proces van metingen naar een gestructureerd proces door middel van richtlijnen vastgelegd in een protocol. Figuur 2 geeft een grafische weergave van de huidige situatie en wat dit onderzoek toevoegt. Te zien is dat het gaat om ondersteuning en geen verandering van het huidige proces.

Gedurende het onderzoek zijn de stappen uit Figuur 3 doorlopen. Deze stappen zijn verwerkt in de indeling van het verslag welke bestaat uit de volgende delen:

1. **Voorstudie:** Dit onderdeel behandelt de literatuurstudie in Hoofdstuk 3 en 4, waarbij Hoofdstuk 3 zich richt op de geschiedenis en technieken voor detectie en Hoofdstuk 4 op de huidige techniek 3D grondradar. Vervolgens wordt er een overzicht te geven van de bevindingen betreffende de beschouwde literatuur in Hoofdstuk 5.
2. **Methode:** Het onderdeel methode zal een beschrijving geven van de uitgevoerde handelingen tijdens dit onderzoek. Wat is er gedaan, op welke manier en hoe zijn de resultaten opgeslagen en verwerkt. Hoofdstuk 6 en 7 geven informatie over hoe de handleidingen met richtlijnen zijn opgesteld en Hoofdstuk 8 geeft toelichting over het verzamelen van de feedback en Hoofdstuk 9 geeft de methode van de veldtest. Deze veldtest is het uitvoeren van een praktijkmeting door een persoon met weinig tot geen ervaring met grondradarmetingen om zo de toereikendheid van de handleidingen te testen. Hoofdstuk 10 zet uiteen hoe de feedback verwerkt is.
3. **Resultaten:** In dit onderdeel worden de resultaten van het onderzoek uiteengezet en behandeld. Hoofdstuk 11 behandelt de vraag of de literatuur nog een actueel beeld geeft van de huidige staat van ontwikkeling van de grondradar, dit is belangrijk omdat de literatuur de inhoud en vorm van de handleiding beïnvloed. Hoofdstuk 12 en 13 geven het resultaat van de concept handleidingen waarna Hoofdstuk 14 een overzicht geeft van de verzamelde feedback. Als laatste is in Hoofdstuk 15 een overzicht gegeven van het eindresultaat met de verwerkte feedback.



Figuur 2: Grafische weergave inspanning onderzoek



Figuur 3: Uitgevoerde stappen onderzoek

2.4 Deelnemende partijen

Het onderzoek is in samenwerking met een tweetal partijen uitgevoerd. Het Facilitair Bedrijf Universiteit Twente en GT Frontline.

2.4.1 Facilitair Bedrijf Universiteit Twente

Een facilitair bedrijf houdt zich bezig met ondersteunende functies, het zorgt ervoor dat het bedrijf zijn primaire taken zonder problemen kan uitvoeren. Het Facilitair Bedrijf van de Universiteit Twente is een van de vier servicecentra van de universiteit en bestaat uit een front office en een back office (Facilitair Bedrijf Universiteit Twente, 2016). Onderdeel van de back office is de afdeling Vastgoed & Beheer, welke zorg draagt voor het onderhoud van de campus. Deze is naast het onderhoud aan de ondergrondse infrastructuur ook verantwoordelijk voor het in kaart brengen hiervan en het up to date houden van deze gegevens. Deze afdeling faciliteert deze opdracht.

2.4.2 Motivatie Facilitair Bedrijf Universiteit Twente

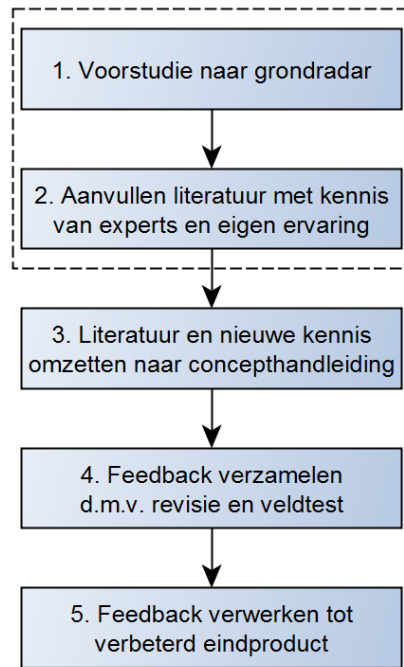
Universiteit Twente beschikt over een grote hoeveelheid kabels en leidingen om de universiteit functionerend te houden. Uniek aan de situatie waarin de UT zich bevindt is dat zij alle ondergrondse infrastructuur in eigen beheer heeft, dit brengt echter ook verantwoordelijkheden met zich mee, zoals de eerdergenoemde WION waarin de beheerder alle kabels en leidingen binnen vastgestelde nauwkeurigheid digitaal beschikbaar moet hebben. Op dit moment wordt in samenwerking met de BAM de huidige situatie in kaart gebracht. Dit is een tijdrovend en kostbaar proces omdat dit gebeurt middels visuele verificatie aan de hand van afgraving. Het FB als onderdeel van het Living Lab project van de UT erkent de noodzaak voor innovatievere methoden om de ondergrondse infrastructuur in kaart te brengen. Een mogelijke oplossing is het gebruik van een 3D grondradar. Een grondradar is een non-invasieve methode voor het in kaart brengen van de ondergrond. Deze techniek, origineel gebruikt voor geologische doeleinden, zit op dit moment midden in de doorontwikkeling voor het detecteren van kabels en leidingen. GT Frontline is één van de bedrijven die op dit moment bezig is met het ontwikkelen van zo'n grondradar in samenwerking met Liander en maakt daarin onderdeel uit van het Living Lab. Het FB heeft de ambitie hierin mee te werken en daarbij de grondradar te gebruiken voor het in kaart brengen van haar ondergrondse infrastructuur.

2.4.3 GT Frontline

GT Frontline is in 2004 opgericht door autodidactisch geofysicus Dick van der Roest. Het bedrijf specialiseert zich in het in kaart brengen van ondergrondse objecten middels grondradar. GT Frontline werkt samen met de Universiteit Twente en Liander op het gebied van ontwikkeling, zij faciliteren hiervoor de universiteit met een grondradar die zelfstandig gebruikt kan worden.

Opstellen handleiding voor het zelfstandig uitvoeren van een meting met Ground Penetrating Radar

Deel 1: Voorstudie



*Figuur 4: Visuele weergave onderwerpen
Deel 1*

De voorstudie behandelt stap één en een deel van stap twee uit Figuur 4. Het opstellen van protocollen vereist kennis over het onderwerp, de voorstudie behandelt de opgedane kennis. Een literatuuronderzoek is uitgevoerd naar het in kaart brengen van ondergrondse infrastructuur met behulp van een grondradar. Dit literatuuronderzoek is uitgezet in twee hoofdstukken. Hoofdstuk 3 behandelt de achtergrond waarbij Hoofdstuk 3.1 een beeld geeft van de geschiedenis: hoe is de huidige situatie van ondergrondse infrastructuur ontstaan en wat is de invloed hiervan. Hoofdstuk 3.2 behandelt de technieken welke er zijn voor het in kaart brengen van deze infrastructuur, hierbij is alleen gekeken naar non invasieve technieken. Hoofdstuk 4 gaat dieper in op de techniek gebruikt in dit onderzoek, de 3D Grondradar. Wat is het gebruikte natuurkundige principe, waar moet rekening mee gehouden worden en wat zijn de aandachtspunten.

Aan de hand van het literatuuronderzoek formuleert Hoofdstuk 5 de bevindingen en de insteek van deze bevindingen op de rest van het onderzoek.

3. In kaart brengen ondergrondse infrastructuur

Dit hoofdstuk richt zich op de huidige situatie en procedures die er zijn betreffende ondergrondse infrastructuur in Nederland. Het zal beginnen met een korte beschrijving van de geschiedenis en ontwikkeling van de ondergrondse infrastructuur in Nederland om inzicht te krijgen in hoe de actuele situatie tot stand is gekomen. Dit zal gebeuren op basis van de uiteenzetting uit het rapport van Pauwels, Wieleman & van de Crommert (2004). Vervolgens zal er een korte samenvatting gegeven worden over welke non invasieve technieken er tegenwoordig zijn om ondergrondse infrastructuur in kaart te brengen, gevolgd door een analyse van de huidige procedures die er zijn. Als laatste wordt een overzicht gegeven van de hiaten en problemen die er in de hedendaagse situatie heersen.

3.1 Geschiedenis en Huidige situatie

Ondergrondse infrastructuur is niets nieuws, al sinds het einde van de 19^e eeuw worden kabels en leidingen onder de grond aangelegd. In eerste instantie betrof het 5 nutsnetten; gas, water, elektra, riolering en telefoon, allemaal in het beheer van de overheid. Vanwege het geringe aantal kabels en leidingen in de grond, en het feit dat alles in het beheer van de overheid was waren incidenten met graafschade sporadisch. Vanaf de jaren 50 was er een opkomst in faciliteiten die gebruik maakte van ondergrondse kabels en leidingen, zoals stadsverwarming en kabeltelevisie maar ook banken en industrie. Het overgrote deel van de ondergrondse infrastructuur was wel nog steeds in handen van de overheid. Begin jaren 60 werd er aangedrongen op de noodzaak van een betere en betrouwbaardere manier van informatie-uitwisseling om het groeiende risico van graafschade te beperken. Voor het uitwisselen van gegevens werd in 1967 het eerste Regionale Kabel en Leidingen InformatieCentrum (KLIC) geopend. In 1989 waren er 4 regionale KLIC's actief voor heel Nederland.

Eind jaren negentig volgde er de liberalisering van de telecommarkt, met als gevolg een verdubbeling van het kabel- en leidingnetwerk binnen een aantal jaar. Met het graafrecht, geregeld in de Telecommunicatiewet, werd concurrentie gestimuleerd maar verergerde ook de graafproblematiek. Tegelijkertijd groeide ook het aantal beheerders door een toename in verzelfstandigde nutsbedrijven, nieuwe telecombeheerders en een steeds groter wordend aantal wegbeheerders. Met als gevolg dat de verscheidenheid aan informatie steeds groter werd en de kans op communicatiefouten daarbij meegroeide (Pauwels, Wieleman, & van de Crommert, 2004). Naast een steeds grotere verscheidenheid van informatie verschilde ook de kwaliteit van de geleverde informatie in veel gevallen. Zo kregen grondroerders soms niet voldoende informatie of onjuiste informatie. Ook maakten niet alle grondroerders gebruik van de aangeleverde informatie (Grontmij, 2005).

In 2005 werd de totale lengte van de ondergrondse infrastructuur in Nederlands geschat op 1,8 miljoen kilometer (Grontmij, 2005) met 1.063 geregistreerde kabel- en leidingbeheerders (Groot, 2015). Met dit uitgebreide netwerk van kabels en leidingen en slechte informatievoorzieningen bij grondroering, is er in de loop van tijd een grote groei geweest van graafincidenten met schade als gevolg. Deze schade kan leiden tot onder andere vertraging van een project, toenemende kosten en gezondheid- en milieuschade volgens Mooney et. al (2010).

Om deze steeds groter wordende problematiek tegen te gaan zei Minister Brinkhorst de Tweede Kamer een wettelijke regeling toe met als hoofddoelstelling: het aanzienlijk verminderen van de kans op graafincidenten (Pauwels, Wieleman, & van de Crommert, 2004). Dit leidde in 2008 tot de Wet Informatie-uitwisseling Ondergrondse Netten (WION). In deze wet staat dat bij elke mechanische grondroering (met uitzondering van agrariërs) een graafmelding uitgevoerd moet worden bij het kadaster. Ook moeten kabel- en leidingbeheerders alle ondergrondse infrastructuur digitaal binnen vastgestelde nauwkeurigheid beschikbaar hebben voor het Kadaster als deze daarnaar vraagt (Kadaster, 2016). Na een graafmelding is de beheerder van de ondergrondse infrastructuur in het betreffende gebied verplicht alle beheerdersinformatie over de kabels- en leidingen door te geven aan de grondroerders (Groot, 2015). Voor validatie van dusdanige wetgeving is gekeken naar onderzoeken over de impact van vergelijkbare maatregelen in andere landen. Ondanks de verschillen in infrastructuur kunnen deze wel een indicatie geven over de resultaten.

Voorbeeld van zo'n onderzoek is van Jeong, Abraham & Lew (2004) die een Cost-Benefit analysis hebben uitgevoerd van het in kaart brengen van de ondergrondse infrastructuur bij 71 constructieprojecten van snelwegen in Amerika. Hieruit kwam naar voren dat voor iedere dollar uitgegeven aan het in kaart brengen van de kabels en leidingen gemiddeld \$12,23 werd bespaard (de Return on Investment, of ROI), met een standaard afwijking van \$29,04. Slechts drie van de 71 projecten hadden een negatieve ROI. Gemiddeld genomen werd er 4,6% van de totale constructiekosten bespaard met een standaard afwijking van 6,38%. Het onderzoek van Jung (2011) betreffende 30 projecten ondersteunt deze resultaten met een gemiddelde ROI van \$11,39. Deze getallen tonen aan dat het kosteneffectief is om een duidelijk beeld te hebben van de bestaande ondergrondse infrastructuur bij grondroeringen.

3.2 Technieken

Er zijn veel verschillende technieken in ontwikkeling voor het in kaart brengen van kabels en leidingen. Sommige zijn nog veelbelovende methodes die in de kinderschoenen staan, andere zijn al verder doorontwikkeld. Een volledig overzicht van de huidige technieken met kort wat deze inhouden staat in Bijlage B. Het overzicht is gehaald uit twee onderzoeksrapporten van het COB naar innovatieve opsporingstechnieken voor kabels en leidingen (Achterhuis, et al., 2008) (Esposito, Hopman, Koopman, Oostvogels, & Roos, 2005). Dit is de meest recente literatuur gevonden over de stand van zaken in de ontwikkeling van de detectie technieken.

Een van de beschreven technieken is de 3D grondradar. GT Frontline is bezig met het door ontwikkelen van deze techniek en verleent hiervoor medewerking aan de Universiteit Twente en het Living Lab project. Deze grondradar is gebruikt voor dit onderzoek. Volgend hoofdstuk zal dieper ingaan op de theorie achter de 3D grondradar.

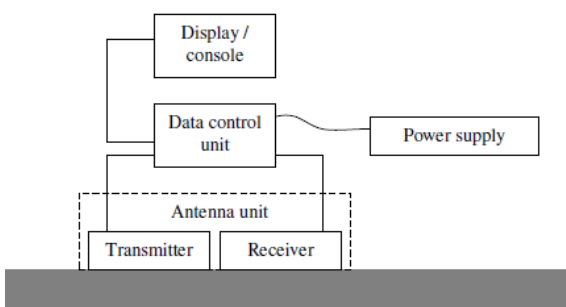
4. Ground Penetrating Radar

Ground Penetrating Radar is een non invasieve geofysische methode om ondergrondse infrastructuur te detecteren. In dit hoofdstuk zal eerst de theorie achter een GPR kort worden behandeld. Waarna de praktische kant belicht wordt met hoe een GPR gebruikt moet worden, waarop gelet moet worden.

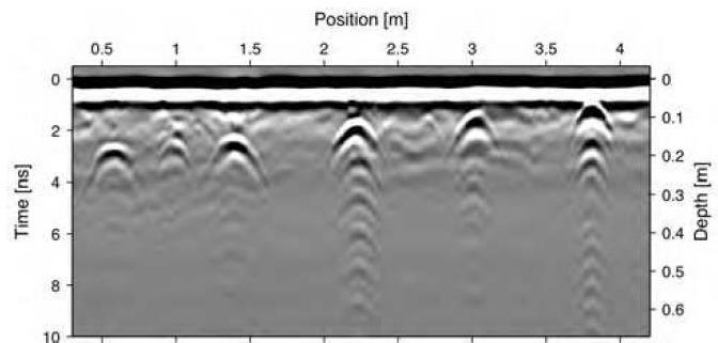
4.1 Theorie

Het gebruik van een GPR gaat gepaard met het toepassen van gespecialiseerde kennis. Voordat een dergelijke geavanceerde techniek gebruikt kan worden is het belangrijk om te weten hoe de techniek fundamenteel werkt. Door dit te begrijpen, snapt de persoon die de GPR bedient waar de sterktes maar vooral ook de zwaktes liggen. Eerst zal het principe van de GPR uiteengezet worden om vervolgens te kijken naar de instellingen, post processing en beperkingen die verbonden zitten aan een GPR.

Een GPR gebruikt elektromagnetisme om de ondergrond in kaart te brengen. Elektromagnetische golven worden uitgezonden op een bepaalde frequentie door een zendantenne, een verandering in het geleidend vermogen in de ondergrond, door bijvoorbeeld kabels en leidingen met andere geleidingseigenschappen, zal deze golven reflecteren. Dit wordt vervolgens opgevangen met de ontvangstantenne. Een controle/display unit kan de resultaten vervolgens weergeven met de tijd en de afstand, waarna de tijd kan worden omgerekend naar de diepte (Evans, 2009) (Takahashi, Igel, Preetz, & Kuroda, 2012). Zie Figuur 5 en Figuur 6. Figuur 5 geeft een schematische weergave van de onderdelen van een grondradar. Figuur 6 laat een typisch resultaat zien dat bij een grondradarmeting behaald wordt.



Figuur 5: Schematische weergave onderdelen GPR (Evans, 2009)



Figuur 6: Voorbeeld resultaat GPR (Takahashi, Igel, Preetz, & Kuroda, 2012)

De werking van de GPR is gebaseerd op de elektrische eigenschappen van de ondergrond (permittiviteit ϵ , magnetische permeabiliteit μ , elektrische geleidbaarheid σ). Permittiviteit (ϵ) is het vermogen van een materiaal om elektromagnetische energie om te zetten in een elektrische lading. Vaak wordt de relatieve permittiviteit gebruikt, gedefinieerd als de permittiviteit van het materiaal gedeeld door de permittiviteit van lucht. Magnetische permeabiliteit (μ) is in de meeste grondsoorten verwaarloosbaar. Elektrische geleidbaarheid (σ) is het vermogen van een materiaal om elektrische lading door te geven. Een hogere geleiding zorgt voor hogere demping van het signaal, waardoor de GPR het meest geschikt is voor gebruik in materialen met lage geleiding (Evans, 2009) (Cassidy, Electrical and Magnetic Properties of Rocks, Soils and Fluids, 2009). De combinatie van deze eigenschappen bepaalt hoe diep het signaal kan komen en hoe duidelijk vreemde entiteiten in de ondergrond weergegeven worden. Een voorbeeld van veel voorkomende waardes is weergegeven in Tabel 1.

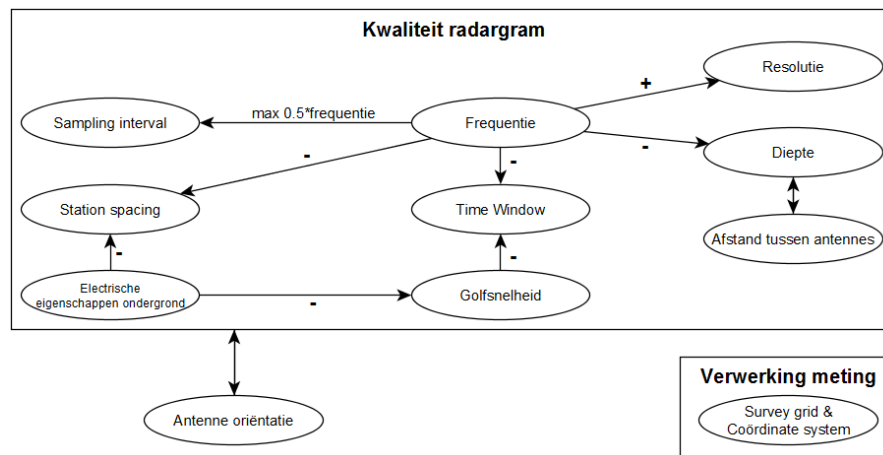
Materiaal	Relatieve Permittiviteit	Geleidingsvermogen [S/m]
Lucht	1	0
Zoet water	81	$10^{-6} - 10^{-2}$
Klei, droog	2 – 6	$10^{-3} - 10^{-1}$
Klei, nat	5 – 40	$10^{-1} - 10^{-0}$
Zand, droog	2 – 6	$10^{-7} - 10^{-3}$
Zand, nat	10 – 30	$10^{-3} - 10^{-2}$

Tabel 1: Voorbeeld typisch bereik van diëlektrische karakteristieken voor verschillende materialen bij 100 MHz (Daniels, 2004) (Cassidy, Electriccal and Magnetic Properties of Rocks, Soils and Fluids, 2009)

Bij het gebruik van de GPR in het veld spelen de omgeving en doelstelling een grote rol. Deze bepalen de instellingen die voor de GPR gebruikt moeten worden. In totaal zal er met zeven parameters rekening gehouden moeten worden. In Tabel 2 zijn deze parameters weergegeven met een korte toelichting wat iedere parameter inhoudt. In Figuur 7 zijn de parameters uit Tabel 2 in een causaal relatie diagram gezet.

Parameter	Toelichting
Operating frequency	De gebruikte frequentie bepaalt de verhouding tussen diepte en de resolutie. Als vuistregel is het beter resolutie in te leveren voor hogere penetratie. Het heeft geen zin een goede resolutie te hebben als het doelobject niet bereikt wordt
Estimating time window	Het tijdsvenster bepaalt de tijd dat een reflectie gemeten wordt. Dit hangt af van frequentie (penetratiediepte) en de golfsnelheid in de ondergrond (materiaaleigenschap)
Selecting sampling interval	Tijd interval tussen twee gemeten punten op een radiogolf. Als vuistregel geldt dat deze hoogstens de helft mag zijn van het hoogste frequentie signaal.
Selecting station spacing	Dit is de afstand tussen de radar metingen. Deze kan bepaald worden aan de hand van de Nyquist Sampling Interval. Dit interval bepaalt met welke tussenafstand de beste kwaliteit meting behaald kan worden. Als er een grotere tussenafstand wordt aangenomen dan het bepaalde interval, ontstaat het risico dat objecten gemist worden bij de meting.
Selecting antenna separation	Meeste GPRs gebruiken twee verschillende antennes voor verzenden en ontvangen. Afhankelijk van de gewenste dieptepenetratie is er een ideale afstand tussen de zend- en ontvangstantenne
Survey grid and coordinate system	Belangrijk is het van tevoren bepalen van de survey grid en het coördinaten stelsel. Hiermee wordt voorkomen dat de meting resulteert in data die de opdrachtgever niet kan verwerken.
Selecting antenna orientation	In sommige situaties is het wenselijk de antennes van de GPR in een bepaalde richting te oriënteren om verstoring van het signaal te voorkomen

Tabel 2: Overzicht parameters voor het gebruik van een GPR (Annan, Ground Penetrating Radar Principles, Procedures & Applications, 2003) (Eltesta, 2016) (Hausmann & Krainer, 2010).



Figuur 7: CRD Parameters GPR

Ruwe data, als weergegeven in Figuur 6, verzameld met een GPR kan al een goede indicatie geven van de aanwezigheid van kabels en leidingen. Mocht het doel van de survey zijn het detecteren van aanwezige ondergrondse infrastructuur voor een grondroering, dan is nabewerking van de verzamelde data niet nodig. Dan kan middels markeringen in het veld aangegeven worden waar de kabels en leidingen liggen en is dit voldoende om graafschade te voorkomen. Echter kan ook het doel van de verzamelde data zijn het creëren van een 3D model. In dit geval is nabewerking van de data nodig. Nabewerking, of post processing, bestaat uit verschillende stappen van het verbeteren van de ruwe data. Er bestaat volgens Annan (2003) veel discussie over de benodigde hoeveelheid van nabewerking. Zo is er de mening dat veel en geavanceerde post processing kan zorgen voor onnodige hoge kosten en een verlies van interpretatietijd. Daartegenover staan gebruikers die de post processing stappen noodzakelijk achten voor betrouwbare resultaten. Dit onderzoek richt zich niet op de technische insteek, training en uitvoering van nabewerking van grondradar resultaten, maar erkent wel dat dit een integraal onderdeel van het gehele proces is. Bijlage C behandelt de basis van het post-processing proces voor een duidelijk beeld wat dit precies inhoudt.

Het gebruik van een GPR gaat gepaard met een aantal uitdagingen, er zijn omstandigheden waarbij er geen of onbetrouwbare resultaten behaald kunnen worden. Een overzicht van de belangrijkste knelpunten bij het gebruik van een GPR is weergegeven in Tabel 3.

Factor	Beperking
Vochtgehalte	Water is het meest reflectieve materiaal dat het tegen kan komen en beperkt de effectiviteit van de GPR. De hoge elektrische geleiding van water zorgt ervoor dat het signaal gedempt wordt met een reductie in de maximaal te meten diepte als gevolg.
Diepte penetratie	Het dieptebereik van de GPR wordt bepaald door de uitgezonden frequentie , de samenstelling van de bodem en het vermogen
- Frequentie	Hoe lager het signaal is hoe hoger de dieptepenetratie is maar hoe lager de resolutie is
- Samenstelling van de bodem	De samenstelling van de bodem heeft grote invloed op de signaal penetratie in de grond. Eerder genoemd water of ondergrondse onregelmatigheden kunnen het signaal eerder verstoren
Grootte doelobject	Een GPR ervaart op twee manieren beperkingen met betrekking tot de grootte van het gemeten object. Dit komt omdat de grootte van de reflectie in de data geen correlatie met de diameter van het gedetecteerde object heeft.
- Diameter van het object	GPR technologie kan geen diameter bepalen van gemeten objecten

- Detailniveau bij detecteren object	Objecten kunnen te klein zijn om te detecteren met GPR. Het gebruik van een lagere frequentie voor hogere dieptepenetratie gepaard met variatie in de bodemsamenstelling, resolutieverlies en andere factoren kan ervoor zorgen dat objecten niet te zien zijn in de resultaten
Hoeveelheid onregelmatigheden	Het aantal reflectieve objecten in de gescande ondergrond heeft grote invloed op de penetratiediepte van de radar. Als de radargolven een ondiep object niet weten te penetreren kan een kabel of leiding onder dit object niet weergegeven worden
Materiaal doelobject	Het materiaal waar het doelobject uit bestaat heeft grote invloed op hoe eenvoudig het object te meten is. Alle soorten objecten zijn te meten maar het is makkelijker objecten te meten met een hoog geleidingsvermogen. Dit komt omdat een hogere geleiding zorgt voor een duidelijkere reflectie in de resultaten.
Grondsoort	Het geleidend vermogen van de grondsoort bepaalt het bereik van de GPR. Grondsoorten met een hoog geleidingsvermogen zoals klei zorgen voor een zeer beperkt bereik tegenover zeer slecht geleidende grondsoorten als zand. Ook kan het te scannen doelgebied bestaan uit een samenstelling van meerdere soorten grond, waar rekening mee gehouden moet worden
Data interpretatie	Interpretatie dient plaats te vinden door personen die getraind zijn hierin. Zonder de juiste training is de kans groot dat de data verkeerd geïnterpreteerd worden met als gevolg niet accurate resultaten.

Tabel 3: Knelpunten GPR (Ground Penetrating Radars Systems, 2016)

4.2 Praktijk

Het gebruik van een GPR voor het meten van kabels en leidingen is een nieuwe en opkomende sector. Consequentie is dat na het ontwikkelen van een nieuw product de juiste manier om dit product te gebruiken nog ontwikkeld moet worden. Het toepassen van een nieuwe technologie, de GPR voor het detecteren van kabels en leidingen, in praktijk situaties vergt veel aandacht. Zo is het belangrijk de GPR alleen te gebruiken voor de situaties waar deze voor ontwikkeld is en feedback uit de praktijk te verwerken voor betere producten en procedures. Eerst zal gekeken worden naar de huidige procedures die er zijn, om vervolgens te kijken naar de aandachtspunten voor het gebruik van de GPR in het veld. Hierbij is ook gebruik gemaakt van de ervaring van GT Frontline.

Het gebruik van non-destructieve detectiemethoden voor het in kaart brengen van ondergrondse infrastructuur is een nieuw vakgebied, als gevolg zijn er nog geen ingevoerde standaard procedures in Nederland. In het Verenigd Koninkrijk zijn ook nog geen ingevoerde standaard procedures maar heeft de British Standard Institution in samenwerking met de Institution of Civil Engineers een document met standaard procedures opgesteld (Bush, Barker, Robinson, & Zembillas, 2014). Uit een interview is gebleken dat GT Frontline zelf strikte procedures hanteert bij het uitvoeren van metingen met de GPR. Echter zijn deze procedures niet gedocumenteerd en zitten allemaal in het hoofd van de experts (van der Roest, 2016).

Het gebruik van de GPR in de praktijk komt met een hoop aandachtspunten zoals weergegeven in Tabel 3. Dit zijn punten waar de uitvoerder geen of weinig invloed op heeft maar wel rekening mee moet houden. Zo zijn de invloeden van bijvoorbeeld de grondsoort al toegelicht in Tabel 3. Weer is ook van invloed, omdat regen invloed heeft op de eigenschappen van de bodem als het vochtgehalte van de bodem. Belangrijk zijn de omgeving gebonden veiligheidsaspecten, vind er een meting op een plek plaats met potentiële veiligheidsrisico's voor de uitvoerder, zoals bijvoorbeeld rijdend verkeer. Hier moet naar gehandeld worden met maatregelen voor een veilige werkomgeving. Maar ook praktischere zaken, als is er lang gras dat gemaaid moet worden, uitzetten van de looplijnen en zijn er obstructies op deze looplijnen. Hoewel de meeste praktische aandachtspunten klein van aard zijn, moeten deze wel voldoende aandacht krijgen en eenduidig worden benaderd om te voorkomen dat ze een succesvolle uitvoering in de weg staan.

5. Resultaat Voorstudie

Bij het literatuuronderzoek naar grondradar is naar voren gekomen dat het een complexe techniek is waarbij veel factoren een invloed hebben op het succes van een meting. De juiste instellingen bepalen vergt een hoog kennis niveau betreffende grondradarwerking en de omstandigheden van het te onderzoeken doelgebied. Het is dan ook niet realistisch ervanuit te gaan dat uitvoerders na een korte training in het gebruik van grondradars een accurate inschatting kunnen maken van de ideale instellingen voor de betreffende meting.

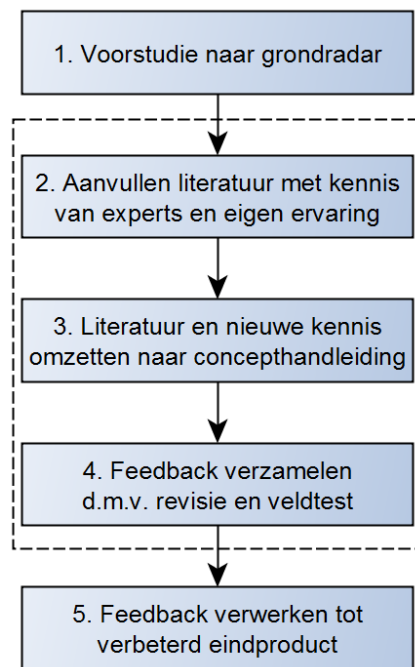
GT Frontline heeft gehandeld naar deze kwestie door de instellingen van de geleverde grondradar vast te zetten in een bepaalde configuratie die toegespitst is op het meten van kabels en leidingen. Dit zorgt voor een grotere gebruiksvriendelijkheid maar kan ook leiden tot suboptimale instellingen voor bepaalde situaties.

Vanwege de hoge complexiteit van het bepalen van de juiste instellingen en de tijd beschikbaar voor dit onderzoek is ervoor gekozen om de instellingen buiten beschouwing te laten in de handleiding en gebruik te maken van de vooraf ingestelde configuratie. De handleiding zelf zal zich richten op het proces van de meting zelf en niet op het aanpassen van de instellingen. Dit onderdeel kan in een later stadium nog toegevoegd worden om de handleiding zo compleet mogelijk te maken.

De uitgevoerde voorstudie zal als informatiebasis fungeren voor het opstellen van de handleiding. De verzamelde informatie inclusief aannames zullen als startpunt genomen worden voor het opstellen van de concepthandleidingen. Het volgende deel zal de methode beschrijven.

Opstellen handleiding voor het zelfstandig uitvoeren van een meting met Ground Penetrating Radar

Deel 2: Methode



*Figuur 8: Visuele weergave onderwerpen
Deel 4*

De methode behandelt stappen twee, drie en vier uit Figuur 8, en heeft als doel de wijze van het verkrijgen van data toe te lichten. Welke data is op welke manier verkregen en hoe geanalyseerd. Het eerste resultaat van dit onderzoek, twee concept handleidingen, zal middels revisie en een veldtest van feedback worden voorzien voor een verbeterd eindproduct. Ook de wijze van feedback verzamelen en uitvoeren van de veldtest worden in dit deel behandeld. Dit hoofdstuk behandelt de wijze waarop de informatie verkregen in de voorstudie is uitgebreid en verwerkt. De voorstudie is dus de informatiebasis.

Hoofdstuk 6 en 7 geven een uitsplitsing van de wijze waarop de twee handleidingen tot stand zijn gekomen. Vervolgens behandelt Hoofdstuk 8 de wijze van feedback verzamelen. Deel van de feedback wordt verzameld met een veldtest, de methode van de veldtest zelf wordt behandeld in Hoofdstuk 9. Als laatste wordt in Hoofdstuk 10 behandeld op welke wijze de verzamelde feedback geanalyseerd is.

6. Opstellen concept Handleiding A

Handleiding A legt de focus op de werking van de grondradar teneinde de gebruiker in staat te stellen deze te gebruiken voor het detecteren van kabels en leidingen in de ondergrond. Als de uitvoerder een meting uit wil voeren en informatie zoekt over een aspect van de grondradar, kan deze handleiding daar op nageslagen worden. Als eerste zijn de informatiebronnen betreffende de grondradar geïdentificeerd. De gebruikte grondradar is de Infraradar ontwikkeld door het bedrijf GT Frontline, gevolg is dat de kennis over de radar hoofdzakelijk binnen het bedrijf ligt. Voor het verzamelen van de informatie zijn de stappen uit Figuur 9 doorlopen. Hierbij zijn de demonstraties en informatie verzorgd door de heer Dick van der Roest, oprichter van GT Frontline en ontwerper van de Infraradar. Van der Roest bezit alle kennis omtrent de inhoudelijke werking en toepassing van de grondradar, deze is niet gedocumenteerd. De auteur heeft de kennis verkregen van Dick van der Roest gefilterd en de relevante kennis verwerkt in de Handleiding. Dit filteren is gebeurd door te toetsen welke informatie nodig was tijdens het proces van een meting en welke niet.

1. Introductiedemonstratie	2. Zelfstandige meting	3. Tweede demonstratie	4. Verwerking verkregen onderzoeks data	5. Toelichtingen data
Introductie van de grondradar behandelde aspecten: - Uitleg hardware componenten - Uitleg software - Demonstratie meting	Zelfstandig uitvoeren meting aan de hand van de eerste demonstratie, vaststellen vraagstukken betreffende hardware en software	Tweede demonstratie en behandelen van vraagstukken. Behandelde aspecten: - Uitleg be- en verwerkings-technieken van de software - Oplossen van vraagstukken na zelfstandige meting	Verwerking van data van beide demonstraties tot een indeling van hoofdstukken	Uitwerken van hoofdstukken tot stapsgewijze toelichting in een handleiding

Figuur 9: Schematisch overzicht gevolgde stappen voor informatieverzameling en verwerking voor Handleiding A

Tijdens de introductiedemonstratie op 11-05-2016 is de grondradar systematisch behandeld. Als eerste zijn de hardware – fysieke – componenten behandeld. Welke zijn er en hoe functioneren ze. Met de hardware bekend is er uitleg gegeven over de software, digitale componenten die de fysieke componenten aansturen en ondersteunen. Hierbij is behandeld hoe de software de hardware aanstuurt en welk programma nodig is voor het registreren van een meting. De toelichting is beperkt gebleven tot de basisfunctionaliteiten nodig voor het uitvoeren en vastleggen van een meting. De introductie demonstratie is afgesloten met een voorbeeldmeting. Bij deze meting werd de link van de toegelichte hard- en software naar de praktijk duidelijk. Deze informatie is vervolgens meegenomen in de volgende stap, het zelfstandig uitvoeren van een grondradarmeting.

Vervolgens is er een zelfstandige meting uitgevoerd. Hierbij is de opgedane kennis toegepast in een uitgebreidere meting. Hierbij zijn gedurende het proces alle vragen en knelpunten genoteerd. Na de meting is deze geëvalueerd en zijn alle vragen genoteerd voor de vervolg ontmoeting.

Met deze vragen is er vervolgens een follow-up afspraak geweest op 20-05-2016. Tijdens deze afspraak zijn er twee zaken behandeld. Allereerst zijn de vragen behandeld die naar voren zijn gekomen tijdens de zelfstandige meting. Vervolgens is er een tweede demonstratie gegeven, waarbij toelichting werd gegeven over de functionaliteiten die niet nodig zijn voor het uitvoeren van een meting, maar wel belangrijk zijn voor het analyseren van de verkregen data.

Met alle benodigde informatie bekend is deze verwerkt. Dit is gedaan in twee stappen. In de eerste stap is een indeling voor de informatie gemaakt. In welke onderdelen kan deze verdeeld worden, en welke informatie hoort bij welk onderdeel. De tweede stap die is uitgevoerd is het uitwerken van de onderdelen en informatie tot een uitgebreide toelichting, waarbij de informatie zoveel mogelijk grafisch is toegelicht. Dit is allemaal in één document gezet met als eindproduct de conceptversie Handleiding A. Deze staat in Bijlage G.

6.1 Vastleggen en analyseren data

Gedurende het proces is benodigde data - informatie betreffende grondradarmetingen - verzameld, deze data is gedocumenteerd om geen data kwijt te raken. Bij de introductiedemonstratie is de toelichting opgenomen in een audiobestand. Dit bestand is later uitgewerkt naar een document met daarin alle informatie over de grondradar door het opgenomen interview schriftelijk uit te werken. Bij de follow-up afspraak is de informatie schriftelijk genoteerd en later verwerkt in het eerdergenoemde document.

Vervolgens is dit document geanalyseerd door alle informatie die noodzakelijk is voor het uitvoeren van een meting eruit te filteren. Dit filteren is gebeurd door het te toetsen aan de informatiebehoefte bij de zelfstandige meting, e.g. bij de zelfstandige meting is naar voren gekomen dat het kunnen bepalen van de nauwkeurigheid van het GPS signaal informatie geeft die belangrijk is voor de validiteit van het resultaat, dit is dus meegenomen in de handleiding. Met dit filter wordt voorkomen dat de handleiding te uitgebreid wordt met kennis die niet direct van belang is.

7. Opstellen concept Handleiding B

Voor het opzetten van Handleiding B, betreffende het proces van een meting met de bijbehorende uitreikstukken, zijn meerdere stappen doorlopen, als weergegeven in Figuur 10. Hierbij richten stap één en twee zich op het verzamelen van informatie en stap drie en vier op het verwerken van de verkregen data tot een concept handleiding.

1. Vaststellen aspecten	2. Vaststellen fases proces	3. Aspecten toewijzen aan fase	4. Toelichten fases & aspecten
Verzamelen van te behandelen aspecten d.m.v. - Brainstorm - Literatuur - Interview	Vaststellen van de verschillende fases die het proces doorloopt op basis van literatuur	De verzamelde aspecten onderverdelen in de vastgestelde fases voor een indeling van de handleiding	De aspecten stapsgewijs toelichten om de gebruiker door het gehele proces te leiden

Figuur 10: Schematisch overzicht gevolgde stappen voor informatieverzameling en verwerking Handleiding B

Als eerste zijn de te behandelen aspecten geïdentificeerd. Onder aspecten wordt verstaan alle verschillende informatie en uit te voeren stappen die nodig zijn om het gehele proces, een grondradarmeting van start tot eind, tot een succesvol einde te brengen. Hierbij zijn de volgende stappen doorlopen:

1. Brainstorm: Begonnen is met een brainstorm, hierbij zijn steekwoorden die naar voren kwamen bij het doorlopen van het proces in een mindmap opgeschreven. Deze steekwoorden zijn als basis gebruikt voor het vervolg.
2. Literatuur: De brainstorm is aangevuld met resultaten uit de literatuur. Duidelijk was al dat er weinig literatuur op het gebied van field surveys bestaat, dit is naar voren gekomen in de literatuurstudie uitgevoerd in Hoofdstukken 3 & 4. Voor het aanvullen van de resultaten is gebruik gemaakt van de Britse PAS 128 (Bush, Barker, Robinson, & Zembillas, 2014). Zoals eerder aangegeven is de PAS 128 al verouderd, maar dat betekent niet dat er geen relevante aspecten meer instaan.
3. Interview Infraradar expert: Met een basis van te behandelen aspecten zijn deze doorgenomen met een expert op het gebied van de Infraradar, de heer Dick van der Roest. In een interview is de opgebouwde basis gepresenteerd en doorgenomen. Hierbij zijn de aspecten die er wel instaan maar niet (meer) relevant zijn eruit gefilterd en zijn ontbrekende aspecten toegevoegd.

Na deze drie stappen zijn alle aspecten noodzakelijk voor het grondradarmeting proces te doorlopen vastgesteld.

Nu bekend is wat er behandeld dient te worden zijn de fases van een grondradarmeting vastgesteld. Hiervoor is gekozen omdat een grondradarmeting geïnterpreteerd kan worden als een klein opzichzelfstaand project met de bijbehorende fases. Baars (2016) geeft een overzicht van deze fases. Deze fases zijn vervolgens verwerkt tot een format geschikt voor het uitvoeren van een meting. Dit is gedaan door te analyseren welke activiteiten er in elke fase plaatsvinden en elke fase te toetsen aan een grondradarmeting. Hiermee is bepaald welke fases samengevoegd of verwijderd kunnen worden.

Met alle data verzameld is deze vervolgens verwerkt. De eerste stap van het verwerken die uitgevoerd is, is het combineren van de informatie van stap één en twee uit Figuur 10. Hierbij zijn de aspecten gekoppeld aan de fase waarin zij horen. Hierbij is een product ontstaan met daarin de indeling van de handleiding.

De laatste stap die uitgevoerd is, is het uitwerken van de indeling van de handleiding tot een volwaardige toelichting. Hierbij wordt per fase ieder aspect toegelicht met wat de bedoeling is en waar op gelet moet worden. Bijlage H is de concept versie van Handleiding B.

8. Verzamelen feedback concept handleidingen

Nadat de conceptversies zijn afgerond, zijn deze door middel van feedback verbeterd tot een eindproduct. Hiervoor is op twee manieren feedback verzameld (1). De conceptversies zijn ter revisie aangeboden bij kennis hebbende partijen en (2) er is een veldtest uitgevoerd om de conceptversies te testen. Dit hoofdstuk richt zich op de methode van het verzamelen van de feedback. Hoofdstuk 10 richt zich op het analyseren van de feedback.

8.1 Aanbieden ter revisie

Voor de revisie zijn de conceptversies naar een viertal personen gestuurd welke allemaal feedback hebben gegeven vanuit een verschillende oogpunt. Met revisie vanuit deze verschillende oogpunten wordt het document geschikt gemaakt voor een zo breed mogelijk publiek. Het viertal personen aan wie de conceptversies ter revisie zijn aangeboden hebben deze terug gestuurd met gedocumenteerde feedback, welke vervolgens verzameld is. De personen die feedback hebben gegeven zijn:

- Dr. Léon Olde Scholtenhuis – Begeleider, en deskundige op het gebied van ondergrondse infrastructuur. Bekijkt de handleidingen vanuit wetenschappelijk oogpunt.
- Dick van der Roest – Oprichter van GT Frontline, het bedrijf dat de grondradar ontwikkelt. Expert op het gebied van grondradars. Bekijkt de handleidingen vanuit bedrijfstechnisch oogpunt.
- Ray Klumpert – Begeleider bij het Facilitair Bedrijf van de Universiteit Twente waar de testcase wordt uitgevoerd. Tevens de partij die de handleidingen wil gebruiken voor toekomstige metingen, en ervaring heeft met het beheer van werken met ondergrondse infrastructuur. Bekijkt de handleidingen vanuit Bedrijfstechnisch oogpunt
- Alexander van Duursen – Medewerker Facilitair Bedrijf Universiteit Twente verantwoordelijk voor informatie en tekeningen betreffende kabels en leidingen op het terrein van UT. Bekijkt de handleidingen vanuit uitvoerend oogpunt.

8.2 Veldtest Universiteit Twente

Als tweede methode voor het verzamelen van feedback is er een veldtest uitgevoerd. Deze veldtest is in samenwerking met het Facilitair Bedrijf van de Universiteit Twente. De veldtest is het doorlopen van het gehele proces van een praktijk meting, als toegelicht in Hoofdstuk 2.3 en Hoofdstuk 9 (methode). Aan de hand hiervan is feedback verzameld welke meegenomen wordt bij het resultaat in Hoofdstuk 14. De wijze van verzamelen staat toegelicht in de methode van de veldtest, Hoofdstuk 9.

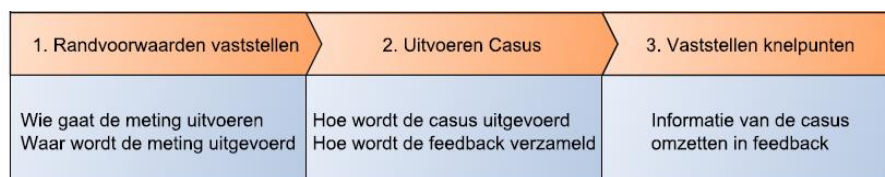
9. Veldtest Universiteit Twente

De veldtest heeft als doel het verzamelen van feedback uit de praktijk, en zal een fysieke meting inhouden. Deze meting zal plaatsvinden op het terrein van de universiteit, deze keuze is gemaakt aan de hand van de volgende overwegingen:

- De opdracht wordt gefaciliteerd door het Facilitair Bedrijf van de Universiteit Twente als onderdeel van het Living Lab project. Ook het FB heeft behoefte aan een eenvoudige methode om meer duidelijkheid te krijgen over de ligging en diepte van de bestaande ondergrondse infrastructuur.
- De Universiteit Twente bezit een unieke situatie binnen Nederland waarin zij alle ondergrondse infrastructuur op het terrein in eigen beheer heeft met uitzondering van één: Vitens waterleiding. Dit zorgt voor makkelijke toegang tot alle benodigde informatie met een minimum aan wachttijd.
- Universiteit Twente heeft al langer contact met de ontwikkelaar van de grondradar GT Frontline. Ook is er al een grondradar in bruikleen. GT Frontline zoekt de samenwerking met de Universiteit Twente om hun eigen product verder te ontwikkelen op gebieden waar zij geen tijd of expertise voor heeft.
- Er wordt door de Universiteit Twente al langer onderzoek gedaan naar de ontwikkelingen in het vakgebied van ondergrondse infrastructuur en de mogelijkheden en technieken daarbinnen als onderdeel van het Living Lab project.

De doelstelling van de veldtest is de tekortkomingen van de huidige handleidingen aan het licht te brengen voor het zelfstandig uitvoeren van een meting. Deze tekortkomingen kunnen vervolgens verwerkt worden in een verbeterde handleiding. De veldtest is hiermee gefocust op het verzamelen van praktijkfeedback. Met deze veldtest worden de handleidingen die het doel zijn van dit onderzoek getest en verbeterd.

De veldtest is een succes als deze aantoont dat de handleiding een zelfstandige meting kan begeleiden of laat zien welke informatie toegevoegd moet worden waarna deze de zelfstandige meting kan faciliteren. Om deze meting tot een succesvol einde te brengen zijn de stappen uit Figuur 11 doorlopen. Stap één richt zich op het vaststellen van de uitgangspunten die nodig zijn om het proces van een meting te starten. Stap twee richt zich op informatie verzamelen en stap drie op het verwerken van de informatie.



Figuur 11: Methode Veldtest Universiteit Twente

Bij stap één zijn de uitgangswaarde voor de veldtest vastgesteld. De voorbereidingen van de meting zelf zijn onderdeel van het grondradarmeting proces en hoeven dus niet meegenomen in de voorbereidingen van de veldtest zelf. Het uitgangspunt dat van tevoren is vastgesteld, is dat de meting wordt uitgevoerd door een persoon die:

- Weinig tot geen ervaring heeft met een grondradar en het uitvoeren van een meting met een grondradar. Dit zorgt ervoor dat het succes van de meting staat of valt met de kwaliteit van de handleiding, aangezien de uitvoerder hierop aangewezen is bij gebrek aan kennis.
- Ervaring heeft op het gebied van ondergrondse infrastructuur. Hiermee kan de uitvoerder identificeren of de grondradarresultaten praktisch nut hebben en of er nog informatie is die mist.

Ook is het doelgebied van tevoren vastgesteld. In de praktijk zal een opdrachtgever met een doelgebied komen. Bij het doelgebied kiezen zijn de volgende overwegingen in acht genomen:

- De ondergrondse infrastructuur in het doelgebied mag niet te ingewikkeld zijn. De uitdaging zit in het testen van het proces, niet in het interpreteren van moeilijke data.
- Bovengronds weinig beperkingen. Beperkingen zijn onderdeel van iedere meting, maar zijn ook verschillend per situatie. Bij een doelgebied met weinig beperkingen kan getest worden of de uitvoerder aan de hand van de handleiding weet hoe te handelen. Maar het is niet de bedoeling dat dit een grote uitdaging is tijdens de veldtest.
- Tijdens het uitvoeren van de veldtest worden alleen zaken uitgevoerd die de kwaliteit van de handleiding testen. Onderdelen als het opstellen van veiligheidsvoorschriften aan de hand van CROW richtlijnen zullen dus niet getest worden, daar deze andere documenten gebruiken en alleen ingevoegd worden.

Met deze richtlijnen voor de veldtest vastgesteld is overgegaan op stap twee, het uitvoeren van een zelfstandige meting aan de hand van de handleidingen. Om de veldtest succesvol te laten verlopen zijn de volgende stappen doorlopen:

- De uitvoerder van de meting heeft beide handleidingen voor de start doorgenomen. Hiermee is van tevoren een beeld geschetst van het complete proces. Deze kennis is meegenomen in het traject van de veldtest.
- Vervolgens is de meting geïnitieerd met een gesprek waarin de opdracht wordt gegeven door een opdrachtgever (rol van opdrachtgever wordt uitgevoerd door de auteur).
- De uitvoerder heeft vervolgens zelfstandig het proces van de grondradarmeting doorlopen aan de hand van de handleidingen. Het gehele proces wordt door de auteur geobserveerd.
- Na de meting heeft er een evaluatiegesprek plaatsgevonden waarbij de uitvoerder zijn ervaring heeft gedeeld en toegelicht.

Met deze stappen doorlopen is de meting tot een einde gekomen, waarna overgegaan is op stap drie: het verzamelen van informatie over de veldtest en deze vast te leggen in een feedback document. Het verzamelen van informatie over de meting is op drie manieren gedaan.

- Als de uitvoerder tijdens het proces tegen een vraag aanliep die het uitvoeren van een meting in de weg stond mocht hij deze vragen. De vraag werd genoteerd en beantwoord zodat de meting vervolgd kon worden.
- De auteur heeft de meting geobserveerd en genoteerd wat opviel.
- Na de meting heeft er een evaluatiegesprek plaatsgevonden waarbij de uitvoerder de gelegenheid heeft gehad zijn ervaring te delen en feedback te geven over de handleiding.

Deze informatie is vervolgens verzameld, uitgewerkt tot een document met verbeterpunten en toegevoegd aan de verzamelde feedback. De veldtest is succesvol als de uitvoerder aangeeft dat met de verwerkte feedback de handleidingen hem de informatie verschaft om een grondradarmeting gestructureerd uit te kunnen voeren.

10. Verwerking feedback

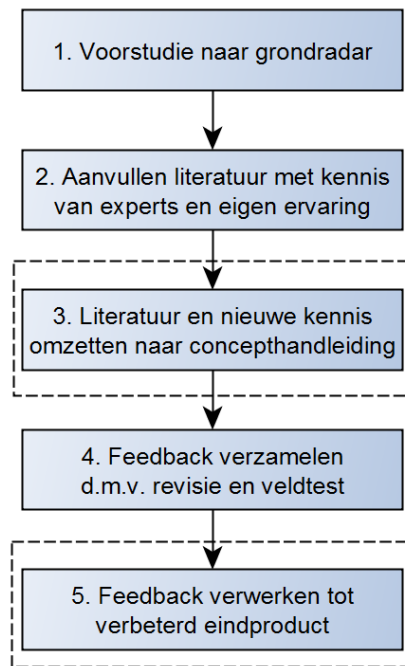
Met de feedback van zowel de revisie als de veldtest verzameld is de volgende stap het verwerken van deze feedback. Het verwerken van de feedback is het analyseren van de feedback op toegevoegde waarde tot een relevante lijst van verbeterpunten. Om dit te doen is eerst alle feedback verzameld in een lijst per handleiding. De verzamelde feedback is onderverdeeld in twee categorieën.

1. Feedback op spelling, grammatica of taalgebruik
2. Feedback gebaseerd op het toevoegen of aanpassen van informatie

Categorie één is alle feedback verzameld op het gebied van spelling, grammatica of taalgebruik. Hierbij is onderscheid gemaakt tussen (A) opmerkingen voor het beter structureren of herformuleren van een zin en (B) vragen die zijn ontstaan zijn door onhelder taalgebruik. Verbeteringen uit A zullen doorgevoerd worden maar niet in de lijst van relevante verbeterpunten worden opgenomen. Verbeterpunten uit B zullen wel meegenomen worden in de lijst. Alle feedback uit categorie twee is meegenomen in deze lijst. De reden dat alle feedback uit de tweede categorie is meegenomen is omdat deze is aangeleverd door mensen met veel theoretische kennis of praktijk ervaring op het gebied van grondradarmetingen en het in kaart brengen van kabels en leidingen. De lijst van verbeterpunten is per handleiding weergegeven in Bijlage D.

Opstellen handleiding voor het zelfstandig uitvoeren van een meting met Ground Penetrating Radar

Deel 3: Resultaten



Figuur 12: Visuele weergave onderwerpen Deel 3

Deel drie behandelt stappen drie en vijf uit Figuur 12. Gedurende het onderzoek zijn meerdere resultaten behaald, waarbij bij stap drie conceptversies zijn opgesteld en bij stap vijf deze verbeterd zijn tot eindversies. Deze resultaten zijn gebaseerd op literatuuronderzoek, verkregen kennis van experts en eigen ervaring. Dit deel zal ingaan op de behaalde resultaten en toelichten op basis van welke kennis de antwoorden zijn verkregen.

Hoofdstuk 11 behandelt het literatuuronderzoek behandeld in Deel 1. Waarbij er een brug wordt gemaakt tussen de gevonden literatuur en de kennis verkregen uit andere bronnen. Hoofdstuk 12 en 13 geven een toelichting over de opgestelde concepthandleidingen waarna Hoofdstuk 14 de resultaten van de feedback weergeeft. Als laatste geeft Hoofdstuk 15 toelichting over het eindproduct.

11. Resultaat Literatuuronderzoek

Dit onderzoek is gestart met een literatuuronderzoek naar de ontwikkeling van Ground Penetrating Radar, zijn toepassingen en zijn beperkingen. Hierbij is ingegaan op de aandachtspunten, instellingen en knelpunten die er in de literatuur worden weergegeven bij het gebruik van een grondradar. Gedurende het project is deze informatie aangevuld met up-to-date kennis van een grondradar expert en praktijkervaring. Deze nieuwe inzichten bevestigen of verwerpen delen van de informatie die uit het literatuuronderzoek is gehaald.

De conclusie die getrokken kan worden met de opgedane kennis, door middel van experts en eigen ervaring, is dat de gevonden literatuur een achterstand heeft op de huidige staat van de techniek, voornamelijk op het gebied van beperkende factoren. Bijna al deze factoren zijn niet meer aanwezig bij de gebruikte grondradar. Hierbij is onderscheid gemaakt tussen factoren die in zijn geheel geen belemmering meer vormen en factoren die verholpen kunnen worden middels de instellingen aan te passen. Het aanpassen van de instellingen wordt niet behandeld in dit onderzoek en de weergegeven beperkingen zijn dan ook de beperkingen die in zijn geheel geen belemmering meer vormen.

Tabel 4 geeft een overzicht van de, voor de gebruiker, niet meer relevante knelpunten met de argumentatie.

Factor	Reden beperking vervalt
Vochtgehalte	De gebruikte radar heeft een lagere gevoeligheid voor bodemvocht
Diepte penetratie	Staat op een standaarddiepte van 5 meter afgesteld waarbij alle kabels en leidingen op gangbare dieptes worden gemeten
- Frequentie	Deze is standaard ingesteld op 100 nanoseconde
- Samenstelling van de bodem	Zie grondsoort
Grootte doelobject	Met de standaardinstellingen van de grondradar kunnen alle gangbare kabels en leidingmaten gedetecteerd worden
- Detailniveau bij detecteren object	
Materiaal doelobject	Verschillende materialen zijn geen probleem meer voor de grondradar. De grondradar kan aan de hand van de reflectie ook verschillende materialen herkennen.
Grondsoort	De gebruikte antenne heeft een betere grondkoppeling en een lager uitzendvoltage. Door de lagere wattage en een andere golfopbouw heeft de grondradar minder last van verschillende grondsoorten. De overgebleven energie wordt beter geabsorbeerd.

Tabel 4: Overzicht van niet meer relevante knelpunten bij de gebruikte grondradar

12. Concept Handleiding A

In deze handleiding wordt de werking van de grondradar toegelicht. Aan de hand van dit document moet de gebruiker in staat zijn zelfstandig de grondradar te gebruiken voor een meting. Hiervoor is de indeling van de handleiding tot stand gekomen als in Figuur 13. Deze indeling is een concept indeling en kan nog aangepast worden na verkregen feedback.

Er is hierbij gekozen voor een indeling in drie hoofdgroepen. Hardware (fysieke componenten), software (digitale componenten die de fysieke componenten aansturen en ondersteunen) en uitvoeren meting

(handelingen van de gebruiker om de hard- en software aan te sturen). Hiermee worden alle aspecten ondervangen die van belang zijn voor het gebruiken van een grondradar.

Met de hardware worden alle fysieke componenten van de grondradar bedoeld. Uit welke componenten bestaat de grondradar en welke functionaliteiten bezitten deze die van belang zijn bij een meting.

De software behandelt het programma Radarmap dat nodig is om de meting uit te voeren en het resultaat te registreren. Hierin wordt uitgelegd hoe het programma werkt en welke functionaliteiten van belang zijn voor het interpreteren van de data.

Als laatste wordt toegelicht welke handelingen van de gebruiker van belang zijn die niet direct onder of hard- of software vallen. Hierin wordt toegelicht hoe alles aangesloten en aanzet moet worden. Hoe gecontroleerd kan worden of de radar werkt. En wat van belang is bij het lopen in het veld.

Met deze drie onderwerpen behandeld, zijn alle aspecten van en aan grondradar voor een meting toegelicht. Een volledige versie van Concept Handleiding A is bijgevoegd in Bijlage G. Bijlage G is de handleiding die ter revisie is aangeboden bij de partijen aangegeven bij Methode hoofdstuk 8.

Handleiding A
1. Hardware
1.1 Computer: Panasonic CF-D1
1.2 GPS: Ashtech Promark 800
1.3 Radar
2. Software
2.1 Radarmap
3. Uitvoeren meting
3.1 Aansluiten & aanzetten
3.2 Controle werking
3.3 Looplijnen

Figuur 13: Indeling concept Handleiding A

13. Concept Handleiding B

Handleiding B behandelt het proces van een meting. Met het doorlopen van dit document zal de gebruiker alle aspecten doorlopen die van belang zijn voor het uitvoeren en registreren van een grondradarmeting. De handleiding heeft de indeling als weergegeven in Figuur 14. Deze indeling is een concept indeling en kan nog aangepast worden na verkregen feedback.

Iedere grondradarmeting kan geïnterpreteerd worden als een klein project. Als uitgangspunt van de te behandelen fases zijn de standaard project management fases genomen. Deze zijn: (Baars, 2016)

1. Initiatiefase
2. Definitiefase
3. Ontwerpfase
4. Voorbereidingsfase
5. Realisatiefase
6. Nazorgfase

Het aantal fases is teruggebracht tot vier, waarbij de volgende afwegingen zijn gemaakt. De Initiatiefase en Definitiefase zijn samengebracht tot Fase 1: Start met de reden dat veel vast ligt omdat het altijd een grondradarmeting betreft. Hiermee zijn de mogelijkheden een stuk kleiner dan voor standaardproject management en hoeft er minder uitgewerkt te worden. De ontwerpfase vervalt omdat er niets ontworpen hoeft te worden. Daarmee blijven de vier fases over als weergegeven in Figuur 14.

Fase één is het startpunt van het gehele proces. Hierin word de basis gelegd van de uit te voeren meting. In deze fase leggen de opdrachtgever en opdrachtnemer de uitgangspunten van de meting vast. Er wordt middels een formulier informatie vastgelegd en afspraken gemaakt over:

- Opdrachtgever
- Opdrachtnemer

- Het op te lossen probleem
- Doelstelling
- Locatie
- Planning

Aan de hand van deze fase en dit ingevulde formulier is duidelijk wie wat wil bereiken.

Fase twee is de voorbereidingsfase. Hierin worden door de opdrachtnemer de volgende aspecten uitgewerkt:

- **Locatie:** Hier wordt het doelgebied van de meting met afgebakende grenzen weergegeven. Aan de hand van deze weergave weet de uitvoerder waar hij moet meten.
- **Werkvergunning:** Dit behandelt of er een werkvergunning nodig is en alle aspecten die hierbij komen kijken? Waar kan deze opgehaald worden? Wie is de contactpersoon ter plaatse? Welke beschermingsmiddelen zijn nodig? Is een VCA vereist? Moet de uitvoerder een paspoort / ID bij zich hebben?
- **Beheerders:** Contactinformatie van de beheerders van het doelgebied. Als er zaken zijn waarbij de uitvoerder contact met de beheerder wil kan hij deze bereiken.
- **Veiligheidsmaatregelen:** Als de meting gedeeltelijk of geheel plaatsvindt op een locatie waar er verkeer actief aan deelneemt of andere gezondheidsrisico's zijn dient hier rekening mee gehouden te worden. Dit onderdeel van de handleiding behandelt deze veiligheidsmaatregelen.
- **Archiefonderzoek:** Is er al informatie bekend over ondergrondse objecten in het doelgebied?
- **Gebruikte grondradar:** Het typenummer en serienummer van de grondradar. De gebruiker kan hier niet in kiezen, maar het dient wel geregistreerd te worden. Hiermee kan bij problemen met een type of specifiek model later teruggevonden worden welke metingen beïnvloed zijn.

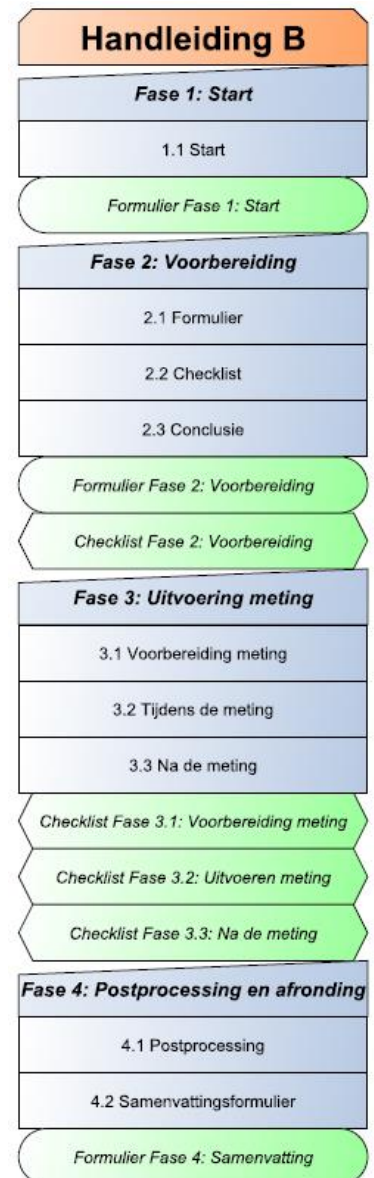
Met deze aspecten uitgewerkt in het formulier geeft de opdrachtnemer de uitvoerder alle informatie die deze nodig heeft om de meting uit te voeren. Naast de informatiebehoefte zijn er ook handelingen die van tevoren uitgevoerd dienen te worden. Deze zijn verwerkt in een checklist, de handelingen zijn:

- Opladen en controleren grondradar
- Verzamelen van benodigd materiaal voor veiligheidsmaatregelen
- Verzamelen van benodigd materiaal voor het eventueel markeren van kabels en leidingen in het veld.

Afronden van deze fase betekent dat de uitvoerder in staat is zonder problemen de meting uit te voeren.

Fase drie is het daadwerkelijk uitvoeren van de meting. Dit is weer opgedeeld in drie verschillende fases respectievelijk (1) voorbereiding meting, (2) uitvoeren meting en (3) afronden meting. In de eerste fase zal de uitvoerder de checklist voorbereiding meting uitvoeren. Hiermee voert hij de volgende handelingen uit:

- Bestuderen voorbereidingsformulier en verzamelen beschikbaar gestelde materiaal en middelen
- Controle grondradar
- Uitvoeren Last Minute Risico Inventarisatie op locatie
- Foto's maken van de locatie en het markeren van van tevoren meetbare kabels en leidingen



Figuur 14: Indeling concept Handleiding B

Vervolgens zal de meting uitgevoerd worden waarbij, als er markeringen geplaatst moeten worden, deze geplaatst dienen te worden als beschreven in de checklist voor het uitvoeren van een meting. Als laatste zal er een stuk afronding plaatsvinden, ook door middel van een checklist. De checklist voor afronding behandelt het opruimen van de locatie, het schoonmaken van de grondradar en het verwerken van de resultaten.

In *Fase vier* worden de gemeten radar beelden omgezet in bruikbaar materiaal. Er zijn hierbij twee varianten mogelijk. Het door GT Frontline laten uitvoeren van het na bewerken of zelf de nabewerking uitvoeren. Voor meer complexe situaties, waarbij hoge nauwkeurigheid vereist is, kan de nabewerking het beste overgelaten worden aan GT Frontline die meer kennis en toegang tot gespecialiseerde software hebben. Bij gebieden met simpelere ondergrondse infrastructuur kunnen de resultaten ook door de gebruiker zelf uitgewerkt worden in AutoCAD. Bij het hoofdstuk postprocessing wordt behandeld hoe dit gedaan moet worden. Ook wordt de complete meting samengevat in een formulier. Met dit formulier kan er gemakkelijk terug gekeken worden naar de hoofdlijnen van de meting mochten er later vragen zijn.

Met het doorlopen van deze fases worden alle aspecten behandeld en alle informatie vastgelegd die nodig is om een meting succesvol af te ronden en tot een concreet resultaat te komen. Een complete uitwerking van concept Handleiding B is te vinden in Bijlage H.

14. Feedback

Met alle feedback verzameld is deze gebundeld in een tabel met een overzicht van alle verbeterpunten van de conceptversies. Deze verbeterpunten zijn verzameld aan de hand van revisie door kennis hebbende personen en aan de hand van praktijkervaring middels een veldtest op de Universiteit Twente. Dit hoofdstuk zal voor beeldvorming 3 feedbackpunten als voorbeeld geven. Hierin wordt uiteengezet wat het feedback punt is, waarom deze feedback het punt verbetert en hoe het verbeterd is in de handleidingen. De complete lijst van feedbackpunten is te vinden in Bijlage D.

Voorbeeld één

Feedback punt: duidelijker verwoorden dat de bovenste reflectie de bovenkant van de leiding meet. Deze vraag kwam naar voren tijdens de revisie als beschreven in Hoofdstuk 8.1.

Probleemomschrijving: De uitleg dat één leiding meerdere reflecties genereert waarbij de bovenkant van de bovenste reflectie de bovenkant van de leiding illustreert was onduidelijk

Verbetering: De omschrijving is aangepast van “Deze twee bogen” naar “De twee bogen in Figuur 16”, en er is een verwijzing ingevoegd naar Figuur 17 waarin de bovenste boog geselecteerd wordt.

Voorbeeld twee

Feedback punt: Toevoegen of er een werkvergunning nodig is aan het voorbereidingsformulier. Deze feedback kwam naar voren door de grondradar expert Dick van der Roest op basis van ervaring tijdens de revisie.

Probleemomschrijving: Bij het voorbereidingsformulier ontbrak informatie over of een werkvergunning en alle aspecten die daarbij komen kijken nodig is voor de meting. Dit feedbackpunt is toegevoegd door de heer van der Roest die al veel metingen heeft uitgevoerd, waarbij dit vaak een onderdeel van aandacht is.

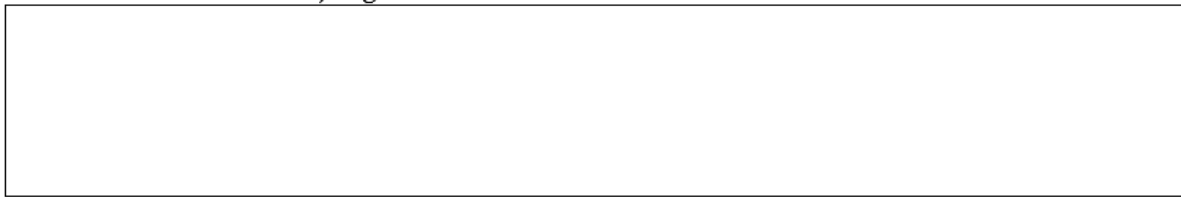
Verbetering: Dit onderdeel is toegevoegd aan het voorbereidingsformulier

Voorbeeld drie

Feedbackpunt: Aanpassen van de probleemstelling op het startformulier van een open omschrijving naar een keuzemenu. Deze feedback is op basis van de veldtest en de onduidelijkheid die naar voren kwam bij het uitvoeren hiervan.

Probleemomschrijving: Een open probleemomschrijving zorgt voor mogelijke verwarring tussen de probleemomschrijving en doelstelling terwijl het probleem onderverdeeld kan worden in een aantal verschillende categorieën. Dit is naar voren gekomen bij de uitgevoerde veldtest en geconstateerd dat het een verbetering is om naar een keuzelijst om te zetten.

Verbetering: De open omschrijving is aangepast naar een keuzelijst. Figuur 15 geeft een overzicht van de oude en nieuwe situatie.

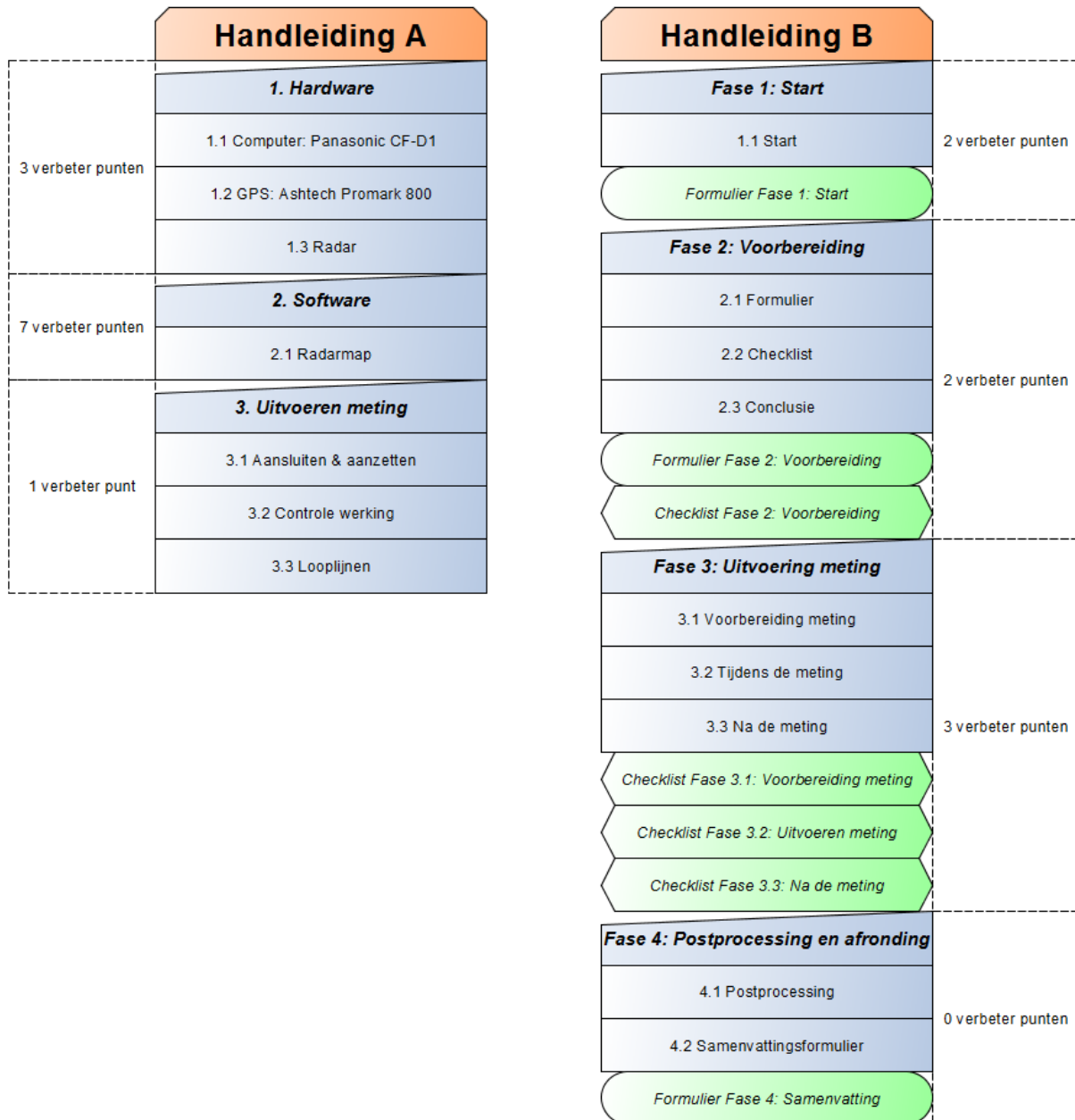
3. Probleemomschrijving

*Figuur 15a***3. Probleemomschrijving**

- ☐ In kaart brengen aanwezige kabels en leidingen
- ☐ Bevestigen/ in kaart brengen onzekere maatvoering aanwezige kabels en leidingen
- ☐ Toevoegen Z-Coördinaat aan 2D informatie omtrent kabels en leidingen
- ☐ Controle voor grondroering
- ☐ Overig, namelijk:


*Figuur 15b**Figuur 15: Overzicht oude situatie in Figuur 15a en nieuwe situatie in Figuur 15b*

15. Eindresultaat

Uit de feedback is naar voren gekomen dat er geen aanpassingen nodig waren in de structuur van de handleidingen als weergegeven in Figuur 13 en Figuur 14. De feedback was gericht op individuele punten in de handleidingen. Het eindresultaat verschilt maar in kleine mate met de opgestelde conceptversies. Figuur 16 geeft de indeling van beide handleidingen weer met daarin een verdeling van de verwerkte feedbackpunten.



Figuur 16: Overzicht toegepaste feedback

16. Discussie

Dit onderzoek is gestart met een literatuuronderzoek naar het gebruik van de grondradar in het detecteren van ondergrondse infrastructuur. Aan de hand van de literatuur, kennis van experts en praktijkervaring zijn twee handleidingen opgesteld voor het gebruik van de grondradar voor het detecteren van kabels en leidingen in het algemeen.

Als aangegeven in Hoofdstuk 5 is voor dit onderzoek gebruik gemaakt van de standaard instellingen als vastgesteld door GT Frontline. Hierdoor is het onderzoek volledig gericht op de proceskant van de meting. Echter hebben de instellingen wel grote invloed op de meting. Daarnaast is het ook moeilijk in te schatten hoe de ontwikkelingen van de Infraradar van GT Frontline staan ten opzichte van de (inter)nationale ontwikkelingen op dit gebied. Te zijner tijd zal blijken of de ontwikkeling van GT Frontline vergelijkbaar, sneller of langzamer is dan de overige ontwikkelingen op dit gebied. Het gebruik van deze grondradar geeft ook een kanttekening aan Handleiding A. Deze behandelt de werking van de gebruikte grondradar en geeft dus geen hulp bij het gebruik van andere types grondradar of nieuwere grondradars van GT Frontline. De handleiding kan aangepast worden naar andere grondradars maar dit zal per type moeten gebeuren.

Handleiding B beschrijft het proces van een grondradarmeting. Voor de revisie van de handleiding is gebruik gemaakt van verschillende kennisbronnen. Hierbij is de bruikbaarheid getest door twee instanties: het Facilitair Bedrijf Universiteit Twente en GT Frontline. Dit is een beperkte diversiteit van controlerende entiteiten. Voor algemene richtlijnen is het wenselijk veel verschillende bedrijven in hetzelfde werkveld inspraak te geven voor de volledigheid, dit zou kunnen door de handleidingen ter revisie aan te bieden bij de verschillende bedrijven of dat deze bedrijven de handleiding een proefperiode gebruiken om feedback te kunnen leveren. Vanwege een gevoelige periode waar GT Frontline op dit moment in zit, was het de wens dat concurrentie buiten beschouwing werd gelaten bij het opzetten en testen van de richtlijnen.

Tijdens het uitvoeren van de veldtest zijn ook technische problemen aan het licht gekomen. Deze problemen hebben geen invloed gehad op het halen van resultaten met de veldtest, maar dienen in de toekomst wel opgelost te worden.

Voor toekomstig onderzoek wil ik twee aanbevelingen doen

1. Introduceer een feedback-loop in de toepassing van de opgestelde handleidingen om deze naarmate zij zijn ingezet in meerdere situaties te blijven controleren en verbeteren. Hiermee wordt de kwaliteit van de handleidingen verhoogd
2. Breidt de handleidingen uit met nieuwe onderdelen. De instellingen zijn nog niet behandeld in de opgestelde handleidingen welke wel handig kunnen zijn voor bepaalde situaties. Een extra onderzoek naar de instellingen en welke situaties welke aanpassingen vergen is een waardevolle toevoeging op de handleiding

17. Conclusie

Universiteit Twente en Liander zijn als onderdeel van het Living Lab project een samenwerking gestart met als doelstelling het professionaliseren van grondradar gebruik. Liander probeert hiermee op een innovatieve manier graafschade en alle gevolgen van dien te verminderen. Een van de doelstellingen als geformuleerd bij Liander (Figuur 1 en Bijlage A) is het standaardiseren van de meetmethodiek middels protocollen. Dit onderzoek heeft zich gericht op die doelstelling met de beperking dat hierbij naar de proceskant van de meting is gekeken en de technische instellingen van de grondradar zijn vastgezet op de preset van de grondradar leverancier GT Frontline.

Voor het behalen van deze doelstellingen zijn twee handleidingen opgesteld. Handleiding A (Bijlage E) zich richtend op de functies van de grondradar, welke er nodig zijn voor het uitvoeren van een standaard meting en hoe zij werken. Dit is een ondersteunende handleiding specifiek gericht op de werking van de GPR zodat een tekort aan kennis de meting niet in de weg staat. Handleiding B (Bijlage F) behandelt het proces van de meting. Hierin staat stapsgewijs welke fases er doorlopen moeten worden, welke informatiebehoefte en handelingen er zijn en wat vastgelegd moet worden.

De opgestelde handleidingen zijn geen eindpunt maar een startpunt. De documenten zijn getest aan de hand van een veldtest maar dit is een beperkte kennisbron en meer ervaring is nodig voor een beter gevalideerd product. Dit is ook in de trend van het Living Lab project waar de doorontwikkeling van de producten een groot onderdeel is als ook naar voren komt in Figuur 1. Geconcludeerd kan worden dat het einde van dit onderzoek de start is van het voltooiën van doelstelling b het standaardiseren van meetmethodiek.

Bibliografie

- Achterhuis, E.-J., Meinen, K., de Bijl, D., vanNorden, P., Oesterholt, D., Kamphuis, A., & van Ravesteijn, R. (2008). *Innovatieve opsporingstechnieken ondergrondse infrastructuur COB 010*. Delft Cluster: Stichting COB.
- Annan, A. (2003). *Ground Penetrating Radar Principles, Procedures & Applications*. Mississauga: Sensors & Software.
- Annan, A. (2009). Electromagnetic Penetrating Radar Basic Principles. In H. M. Jol, *Ground Penetrating Radar: Theory and Applications* (pp. 3-40). Elsevier.
- Baars, W. (2016, 5 30). *Handboek Projectmanagement*. Opgehaald van Projectmanagement training: <https://www.projectmanagement-training.nl/artikelen-en-tools/handboek-projectmanagement/>
- Benedetto, A., & Pajewski, L. (2016). *Civil Engineering Applications of Ground Penetrating Radar*. Springer International Publishing.
- Bush, I., Barker, P., Robinson, J., & Zembillas, N. (2014). *PAS 128:2014*. London: British Standards Institution.
- Cassidy, N. J. (2009). Electriccal and Magnetic Properties of Rocks, Soils and Fluids. In H. M. Jol, *Ground Penetrating Radar: Theory and Applications* (pp. 41-72). Elsevier.
- Cassidy, N. J. (2009). Gound Penetrating Radar Data Processing, Modelling and Analysis. In H. M. Jol, *Ground Penetrating Radar: Theory and Applications* (pp. 141-176). Elsevier.
- Daniels, D. J. (2004). *Ground Penetrating Radar - 2nd Edition*. London: IEE.
- Eltesta. (2016). *Application Note AN-1: Ground Penetrating Radars. Principles, Applications and Design*. Vilnius: Eltesta.
- Esposito, G., Hopman, V., Koopman, A., Oostvogels, J., & Roos, W. (2005). *Innovatieve opsporingstechnieken voor kabels en leidingen*. Gouda: Delft cluster.
- Evans, R. D. (2009). *Optimising Ground Penetrating Radar (GPR) to Assess Pavements*. Loughborough: Loughborough University.
- Grontmij. (2005). *Waardebepaling kleine ondergrondse infrastructuur: vervangingswaarde van kbaels en leidingen in Nederland*. Houten: Grontmij Nederland bv.
- Groot, C. (2015). *Productplan KLIC 2015-2018*. Kadaster.
- Ground Penetrating Radars Systems. (2016, 05 02). *Limitations of GPR / Definition of GPR*. Opgehaald van Ground Penetrating Radar Systems Inc.: <http://gp-radar.com/Limitations-of-GPR.html>
- Hausmann, H., & Krainer, K. (2010). *Guide lines for monitoring: Ground penetrating Radar*. Oslo: Permanet.
- Jeong, H., Abraham, D. M., & Lew, J. J. (2004). Evaluation of an Emerging Market in Subsurface Utility Engineering. *Journal of Construction Engineering and Management*, 225-234.
- Jol, H. M. (2009). *Ground Penetrating Radar: Theory and applications*. Elsevier.
- Jung, Y. J. (2011). Evaluation of subsurface utility engineeringfor highway projects: Benefit-cost analysis. *Elsevier*, 111-122.
- Kadaster. (2016, 4 21). *KLIC (WION)*. Opgehaald van Kadaster: <http://www.kadaster.nl/web/Themas/Registraties/KLIC-WION.htm>

- KMT Services BV. (2016, 05 13). *KMT services trainingen*. Opgehaald van Kabel Meet Techniek Services BV: <http://www.kmtservices.nl/pagina/trainingen>
- Linford, N., Linford, P., Martin, L., & Payne, A. (2010). Stepped Frequency Ground-Penetrating Radar Survey with a Multi-element Array Antenna: Results from Field application on Archaeological Sites. *Archaeological Prospection*, 187-198.
- Mooney Jr., J., Ciampa, J., Young, G., Kressner, A., & Carbonara, J. (2010). GPR Mapping to Avoid Utility Conflicts Prior to Construction of the M-29 Transmission Line. *IEEE PES T&D 2010* (pp. 1-8). New Orleans: IEEE.
- normcommissie 349 200 "Dwarsprofielen". (2009). *Nederlandse praktijkrichtlijn NPR 7171-2*. Delft: Nederlands Normalisatie-instituut.
- Pauwels, H., Wieleman, R., & van de Crommert, P. (2004). *Verplichte Informatie-uitwisseling Ondergrondse Kabels en Leidingen*. Delft: Nederlands Normalisatie-instituut.
- Reviversoft. (2016, 05 12). *Reviversoft File extension library*. Opgehaald van Reviversoft: <http://www.reviversoft.com/file-extensions/ifc?ncr=1&lang=en>
- Takahashi, K., Igel, J., Preetz, H., & Kuroda, S. (2012). Basics and Application of Ground-Penetrating Radar as a Tool for Monitoring Irrigation Process. In M. Kumar, *Problems, Perspectives and Challenges of Agricultural Water Management* (p. 27). Intech.
- van der Roest, D. (2016, 05 11). Procedures GT Frontline. (P. Schakel, Interviewer)

Bijlage A: Correspondentie Liander en Universiteit Twente

In de correspondentie tussen Liander en Universiteit Twente zijn de volgende punten vastgelegd:

1. *Graafschades impact: per jaar veroorzaken graafschades ca. 130 mio euro directe schade in Nederland. Daarboven op komen nog de indirecte gevolgschades; Eénderde van de Liander downtime wordt veroorzaakt door graafschades. Graafschades hebben daarmee een significante invloed op de leveringszekerheid en de performance scores (waar netbeheerder op worden aangesproken en afgerekend);*
2. *Graafschades oorzaak: door grondroerders wordt in de informatievergaring (te) sterk vertrouwd op KLiC gegevens. Deze blijken in de praktijk regelmatig niet compleet en niet correct (daar kan Kadaster-KLiC weinig aan doen). Er is behoefte aan meer accurate informatie ter plaatse (site exploration & site investigation). Daarmee kunnen graafschades worden voorkomen en ook betere planningen worden gemaakt.*
3. *GPR als oplossingsrichting: Grondradar technologie, data-inwinning en data interpretatie en verwerking ontwikkelen zich momenteel sterk (o.a. door preciezere aansturing van het instrument, krachtigere software en betere analyse modellen). GPR komt daarmee binnen bereik voor brede toepassing.*
4. *Schaalsprong gewenst: na het incident in Diemen is het bewustzijn gegroeid dat naast WTON areaal ook huisaansluiting in kaart gebracht moeten worden. Dit is een grote inspanning - een schaa sprong waar in korte tijd een steile leercurve moet worden gerealiseerd. Het vraagt om goed doordachte en een gestandaardiseerde aanpak van data-inwinning en verwerking. De 'naïeve toepassing' moet worden doorontwikkeld naar een gecontroleerde methodische toepassing.*
5. *GPR ontworstelen uit "naïeve toepassing": GPR wordt al lange tijd als oplossingsrichting gezien voor site-exploration en site-investigation. De acceptatie en adoptie van GPR wordt momenteel gebinderd door de 'naïeve' toepassing. Een aantal bedrijven hebben GPR instrumenten aangeschaft zonder zich goed bewust te zijn van benodigde deskundigheid – m.b.t de werking, de mogelijkheden en de beperkingen, de voorwaarden aan methodische data-inwinning en verwerking. Deze 'naïeve toepassing' heeft een negatieve impact op de adoptie, de progressie en leidt tot (onterechte) teleurstellingen over de technologie;*
6. *Wat is nodig: De betrouwbaarheid van informatie is sterk afhankelijk van de ingewonnen data. Om dit zeker te stellen moet gericht gewerkt worden aan:*
 - a. *Robuustheid van de instrumenten (fysiek zowel al meet-technisch)*
 - b. *Standaardiseren van de meetmethodiek (protocollen)*
 - c. *Standaardiseren en automatiseren van de verwerkingsmethoden;*
 - d. *Opleiding en training - voor de hele keten van invinnen tot inpassing in bestaande GIS/AM systemen. De opleidingen en trainingen moeten de komende jaren kunnen meegroeien met de ontwikkelingen in technologie en uitvoeringspraktijk.*
 - e. *Diplomerings en kwalificatiestructuren om zekerheid te scheppen richting een betrouwbare professionele toepassingspraktijk. Deze kwalificatiestructuren moet de komende jaren kunnen meegroeien met de ontwikkelingen in technologie en uitvoeringspraktijk.*
 - f. *Optimaliseren van de user interface.*

Bijlage B: Technieken in kaart brengen ondergrondse infrastructuur

Electromagnetisme, actief

Grondradar: Een niet destructieve onderzoeksmethode die gebruik maakt van elektromagnetische golven om ondiepe ondergrond in kaart te brengen. Door een zendantenne worden de elektromagnetische golven vanuit de radar de ondergrond ingezonden. Inhomogeniteit in de ondergrond zorgt voor verschillende hoeveelheden van reflectie. Het deel van de golf dat niet gereflecteerd wordt reist dieper de grond in.

3D grondradar: Hetzelfde principe als de grondradar, alleen wordt hier gebruik gemaakt van meerdere zend- en ontvangantennes en software om het resultaat in 3D op te kunnen slaan. De hard- en software wordt specifiek ontwikkeld voor een specifiek type object.

Elektrische weerstandsmeting: Geeft informatie over de elektrische weerstand van de ondergrond op basis van geo-elektrische metingen. Dit wordt gedaan aan de hand van twee elektroden die een stroom de grond in sturen, waarna vervolgens het spanningsverschil gemeten wordt met twee potentiaalelektroden.

Elektromagnetische inductie (actief): Meet de elektrische geleidbaarheid van de ondergrond aan de hand van elektromagnetische inductie. Door middel van een zendspoel aan één kant wordt een wisselstroom met vastgestelde frequentie de grond in gestuurd. De wisselstroom wekt in de grond een primair magnetisch veld op. Deze induceert in de ondergrond kleine stromen die een secundair magnetisch veld opwekken. Beide velden worden door een ontvangspoel geregistreerd en kunnen direct afgelezen worden.

Electromagnetisme, passief

Elektromagnetische inductie (passief): Deze methode werkt hetzelfde als de actieve methode, echter zonder zendspoel. In de grond liggen al veel leidingen waar elektriciteit doorheen loopt, welke elektromagnetische velden opwekt. In dit geval is er alleen een ontvangspoel om deze velden te registreren.

Magnetometrie: Deze techniek meet verstoringen in het aardmagnetisch veld. Als er geen kabels of leidingen in de grond liggen is het aardmagnetisch veld homogeen. Als hier veranderingen in optreden, door kabels of leidingen, registreert deze techniek deze.

Spontane potentiaal: Meet de natuurlijk voorkomende elektrische signalen in de ondergrond. De aanwezigheid van kabels en leidingen veroorzaken meetbare verstoringen in deze natuurlijk elektrische signalen welke gemeten kunnen worden middels een speciale sensor.

Mechanica, actief

Seismografie: Gebruikt hetzelfde principe als de grondradar, echter in plaats van elektromagnetische golven worden akoestische signalen de ondergrond ingestuurd. De verstoringen van dit signaal worden vervolgens gemeten met één of meer akoestische ontvangers.

Akoestische emissie: Methode die wordt gebruikt bij het opsporen van breuken in leidingen. De breuk produceert een akoestisch signaal afkomstig van het onder druk ontsnappen van een gas of vloeistof.

Druksensor: Meet de diepte van een leiding van binnenuit. De leiding wordt gevuld met water waarna er een druksensor doorheen getrokken wordt met een kabel. De sensor meet de druk in de leiding om zo het diepteverloop te bepalen.

Overig, passief

Thermografie: Kabels en leidingen in de ondergrond hebben soms een andere temperatuur dan de ondergrond waar ze in liggen. Door middel van thermografische metingen kunnen deze kabels en leidingen in beeld gebracht worden.

Gravimetrie: Deze methode brengt de lokale waarde van het zwaartekrachtsveld in beeld. Inhomogeniteit in de ondergrond, door kabels en leidingen, zorgt voor variaties in dit zwaartekracht veld.

Overig, actief

Gyroscoop: Wordt vooral gebruikt voor glasvezel verbindingen, omdat hier, met het oog op de toekomst, vaak meer van aangelegd worden dan op dat moment nodig zijn. De buizen die leeg zijn kunnen dan gebruikt worden voor locatiebepaling. Door een gyroscoop door de buis heen te verplaatsen kan de locatie tot op enkele centimeters nauwkeurig bepaald worden.

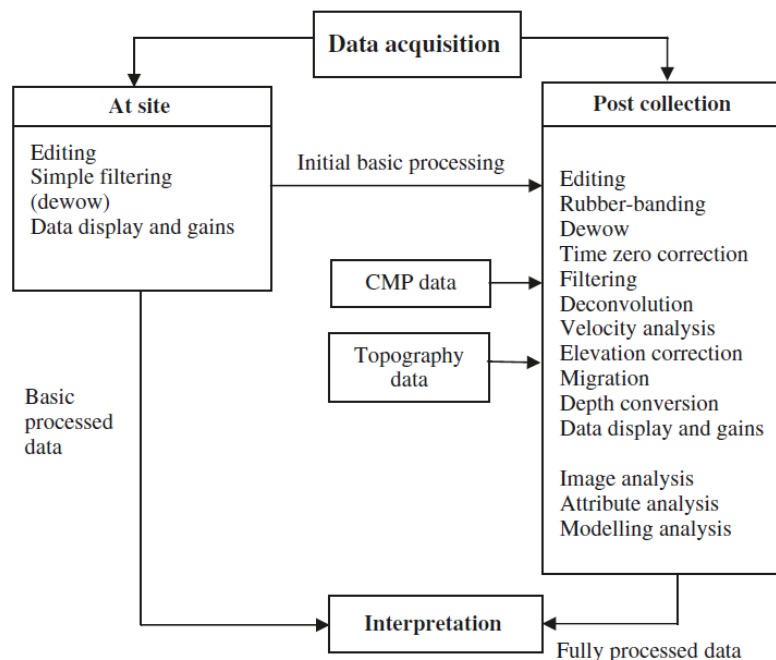
Hybride systemen: In enkele gereedschappen wordt gebruik gemaakt van een combinatie van methoden om de nadelen van een bepaalde methode te compenseren met andere technieken.

Bijlage C: Introductie post-processing grondradarmeting

Het nabewerken van grondradarmetingen tot betrouwbare resultaten vereist training en technische kennis. Het is een vakgebied dat gebaseerd is op interpretatie, waardoor de resultaten in enige mate subjectief zijn. Verbetering van de techniek en een groeiende hoeveelheid kennis en ervaring op het gebied van interpretatie en technieken zorgt ervoor dat de mate van subjectiviteit tegenwoordig steeds kleiner wordt. Onderdeel van het verminderen van de subjectiviteit is het consistent verwerken van de data. Hiermee wordt bedoeld dat resultaten iedere keer op dezelfde manier worden verwerkt zodat de resultaten bij gelijke metingen ook vergelijkbaar zijn. Hiervoor heeft Cassidy (2009) 4 richtlijnen opgesteld.

1. *Keep it simple* – Doe niet meer nabewerking dan nodig is. Neem hierbij de tijd/kosten beperkingen in acht. 90% van alle verzamelde data vereist niet meer dan basis nabewerking. Stel bij geavanceerde nabewerking jezelf de vraag waarom het nodig is, en of er genoeg tijd is om de bewerking uit te voeren. Het post-processing duurt vaak langer dan de meting zelf.
2. *Keep it real* – Vermijd overbewerking. Bij het gebruik van geavanceerde methodes is de kans op potentiële artefacten, resultaten die er eigenlijk niet zijn, groter. Er moet dan ook uitgekeken worden voor resultaten die in de ruwe data niet te zien zijn, is het wel daadwerkelijk aanwezig? Veel beginnende gebruikers hebben de neiging teveel nabewerking te doen omdat de data er misschien niet goed genoeg uit ziet. De verzamelde data, is de data waarmee gewerkt wordt of deze mooi is of niet. Uiteindelijk telt de interpretatie en niet de looks.
3. *Understand what you are doing* – Zorg ervoor dat je snapt wat je aan het doen bent. Dit is de enige manier om aan valide resultaten te komen. Dit kan door middel van training.
4. *Be systematic and consistent* – Zorg dat er consistent dezelfde stappen worden doorlopen. Dit zorgt voor reproduceerbare resultaten waarvan op basis van ervaring de validiteit getest is.

Aan de hand van deze richtlijnen kan het post-processing uitgevoerd worden. In Figuur C.1 is een schematische weergave van de standaard stappen bij post-processing en analyse.



Figuur C.1: Schematische weergave basisstappen data verwerking (Benedetto & Pajewski, 2016)

In de sectie Post collection van Figuur C.1 staan alle basis nabewerkingstappen die uitgevoerd kunnen worden. Er bestaan nog meer geavanceerde technieken voor het bewerken van de ruwe data, maar deze zijn meestal specifiek voor bepaalde toepassingsgebieden. In Tabel 3 staat een korte omschrijving van iedere techniek.

Techniek	Omschrijving
Editing	Verwijderen en corrigeren van slechte data, en sorteren van data bestanden
Rubber-banding	Correctie van data voor ruimtelijk uniforme stappen
Dewow	Correctie van lage frequentie en DC bias in de data
Time zero correction	Correctie van de starttijd naar oppervlakte positie
Filtering	1D & 2D filter om signaal naar ruis verhouding en beeldkwaliteit te verbeteren
Deconvolution	Contractie van signaal oscillaties tot pieken voor verbeterde reflectie punten
Velocity analysis	Bepaling van de GPR golf snelheden
Elevation correction	Correctie voor de effecten van de omgeving
Migration	Correctie voor de effecten van de survey geometrie en ruimtelijke distributie van energie
Depth conversion	Conversie van de reistijd naar diepte
Data display and gains	Selectie van geschikte gains voor data weergave en interpretatie
Image analysis	Gebruik van patroon of kenmerk herkenning tools
Attribute analysis	Toeschrijven van signaal parameters of functies naar identificeerbare kenmerken
Modelling analysis	Simulatie van GPR reacties

Tabel C.1: Toelichting technieken basis nabewerking ruwe GPR data (Cassidy, Gound Penetrating Radar Data Processing, Modelling and Analysis, 2009) (Benedetto & Pajewski, 2016)

Bijlage D: Overzicht verzamelde feedback

Handleiding A	Handleiding B
Feedback Revisie	
Toevoegen: Punt 8 geeft aan of er connectie is met de zender van het RTK correctiesignaal en de ouderdom van het signaal	Verwijderen: Pagina 4 , output als .ifc is niet mogelijk
Toevoegen: Punt 11 geeft de geheugeninhoud van de Ashtech Promark 800 aan	Toevoegen: Voorbereidingsformulier of er een werkvergunning nodig is, zo ja: - Waar moet de vergunning gehaald worden? - Wie is de contactpersoon ter plaatse - Afgesproken tijd? - Welke PBM (Persoonlijke Beschermingsmiddelen) zijn vereist? - VCA vereist? - Paspoort / ID kaart vereist?
Aanpassen: Punt 21 aanpassen dat deze knop aangeeft dat eerder ingemeten resultaten geopend kunnen worden	
Toevoegen: Punt 38 is voor het vergroten van het contrast van de radar	
Toevoegen: Punt 39 is voor het verkleinen van het contrast van de radar	Aanpassen: Pagina 8 , een grondradar werkt wel of niet, corrupte data is geen mogelijke uitkomst
Toevoegen: Punt 41&42 , toelichting van hoe de radar staat ten opzichte van het resultaat	Aanpassen: Pagina 16 , wat hier omschreven is staat bekend als Last Minute Risico Inventarisatie
Toevoegen: Punt 42 wat de invloed is van schuin of in lengte richting van een kabel eroverheen lopen	Toevoegen: Pagina 17 , markeringen ook digitaal plaatsen met de grondradar
Toevoegen: punt 44 aangeven waar dit in de handleiding behandeld wordt	Toevoegen: Pagina 17 , bewegende delen smeren met de juiste smeermiddelen - Metaal: vet - Kunststof: siliconen
Aanpassen: punt 47 , duidelijker verwoorden dat de bovenste reflectie de bovenkant van de leiding meet	
Aanpassen: Pagina 16 Hoofdstuk 3.3 , aanpassen looplijnen maximaal 30cm van elkaar naar, aanpassen looplijnen 30-50 cm van elkaar	
Feedback Veldtest Universiteit Twente	
Toevoegen: Figuur 7 , toevoegen met welke knop het scherm opgelicht wordt	Aanpassen: Startformulier , probleemstelling omzetten naar keuze uit - In kaart brengen aanwezige kabels en leidingen - Bevestigen/ in kaart brengen onzekere maatvoering aanwezige kabels en leidingen - Toevoegen Z-coördinaat aan 2D informatie omtrent kabels en leidingen - Controle voor grondroering - Overig, namelijk...
Aanpassen: Punt 31 , aanpassen dat een scherm niet alleen de huidige coördinaten laat zien, maar dat deze ook een pin plaatst in dat punt	

Tabel D.1: Overzicht verzamelde feedback

Handleiding A: Grondradar Tutorial



In samenwerking tussen Universiteit Twente en GT Frontline

Inhoudsopgave

FIGURENLIJST	2
1. INLEIDING.....	3
2. HARDWARE	4
2.1 COMPUTER PANASONIC CF-D1	5
2.2 GPS: ASHTECH PROMARK 800.....	7
2.3 RADAR	8
3. SOFTWARE.....	9
3.1 RADARMAP.....	9
4. UITVOEREN VAN EEN METING	15
4.1 AANSLUITEN EN AANZETTEN.....	15
4.2 CONTROLE WERKING.....	17
4.3 LOOPLIJNEN	17

Figurenlijst

FIGUUR 1: PANASONIC CF-D1.....	4
FIGUUR 2: ASHTECH PROMARK 800	4
FIGUUR 3: RADAR.....	4
FIGUUR 4: RECHTER ZIJKANT PANASONIC CF-D1.....	5
FIGUUR 5: LINKER ZIJKANT PANASONIC CF-D1.....	6
FIGUUR 6: VOORKANT PANASONIC CF-D1	6
FIGUUR 7: SCHERM ASHTECH PROMARK 800.....	7
FIGUUR 8: ONDERKANT ASHTECH PROMARK 800	7
FIGUUR 9: AANSLUITINGEN EN BEDIENING RADAR	8
FIGUUR 10: STARTSCHERM RADARMAP	9
FIGUUR 11: MENUBALK HORIZONTAAL LINKSBOVEN RADARMAP.....	9
FIGUUR 12: MENUBALK VERTICAAL LINKS RADARMAP.....	10
FIGUUR 13: IMPORTEREN KAART MET RIJKSDRIEHOEKCOÖRDINATEN IN RADARMAP	10
FIGUUR 14: WEERGAVE VENSTER GPS SIGNAAL IN RADARMAP.....	11
FIGUUR 15: MENUBALK VERTICAAL MIDDEN RADARMAP	11
FIGUUR 16: VOORBEELD RESULTATEN METING IN RADARMAP.....	12
FIGUUR 17: VOORBEELD PLAATSEN MARKERING IN RADARMAP	13
FIGUUR 18: VOORBEELD INFORMATIESCHERM VAN MARKER IN RADARMAP.....	13
FIGUUR 19: VOORBEELD DI-ELEKTRISCHE WAARDE IN RADARMAP.....	14
FIGUUR 20: VASTZETTEN PANASONIC CF-D1 MET KLITTENBAND OP DE GRONDRADAR.....	15
FIGUUR 21: ONDERDELEN GPS ASHTECH PROMARK 800 LOS EN IN ELKAAR GEZET.....	16
FIGUUR 22: BEVESTIGINGSPUNT GPS & GPS BEVESTIGD.....	16
FIGUUR 23: AANSLUITEN KABEL RADAR OP PANASONIC CF-D1	16

1. Inleiding

Het gebruik van grondradar voor het in kaart brengen ondergrondse infrastructuur is een innovatieve techniek die midden in zijn ontwikkeling staat. De potentie van het gebruik van grondradar staat buiten kijf, echter is vooral het gebruik van de grondradar in het veld en de handelingen eromheen nog een ongestructureerd proces. De meeste gebruikers gebruiken de grondradar naar eigen inzicht en ervaring. Om een eenduidig proces te creëren voor het gebruik van de Infraradar van GT Frontline voor zijn gebruikers is deze handleiding opgesteld. Deze handleiding is opgedeeld in twee onderdelen. Deze handleiding is deel A welke de grondradar zelf behandelt en hoe deze werkt. Er zal behandeld worden uit welke hardware de grondradar bestaat, welke software er gebruikt wordt en hoe deze werkt en als laatste hoe de grondradar gebruikt moet worden.

2. Hardware

De grondradar bestaat uit drie componenten, respectievelijk:

1. Computer (Panasonic CF-D1, Figuur 1)
2. GPS (Ashtech Promark 800, Figuur 2)
3. Radar (Figuur3)



Figuur 1: Panasonic CF-D1



Figuur 2: Ashtech Promark 800



Figuur 3: Radar

2.1 Computer Panasonic CF-D1

De Panasonic CF-D1 toughbook is een laptop in een val- en sproeiwaterbestendig (IP65) behuizing voor werken buiten en in de werkplaats. Het besturingssysteem is Windows 7 en zal vertrouwd werken voor iedereen die bekend is met het Windows besturingssysteem. De mogelijkheden zijn uitgebreider dan uitgelicht in deze handleiding, er worden alleen zaken behandeld die van belang zijn voor het uitvoeren van een standaard meting.

Hardware

De fysieke componenten vormen de hardware. In dit geval zullen de aansluitingen die nodig zijn voor het uitvoeren van een meting worden behandeld.

1. **Opladen:** Dit is de aansluiting voor de bijgeleverde adapter om de laptop op te laden
2. **Internet aansluiting:** Hier zit een ethernet poort voor als internet nodig is op de laptop.
3. **USB-poorten:** Dit zijn de USB poorten om een USB-stick op aan te sluiten bij bestandsoverdracht. Hiermee kunnen bijvoorbeeld kaarten of informatie op de laptop worden gezet of resultaten van de laptop af worden gehaald.
4. **Connectie met de radar:** Hier zit de aansluiting voor de laptop om te communiceren met de radar.



Figuur 4: Rechter zijkant Panasonic CF-D1



Figuur 5: Linker zijkant Panasonic CF-D1

Aan/uit zetten

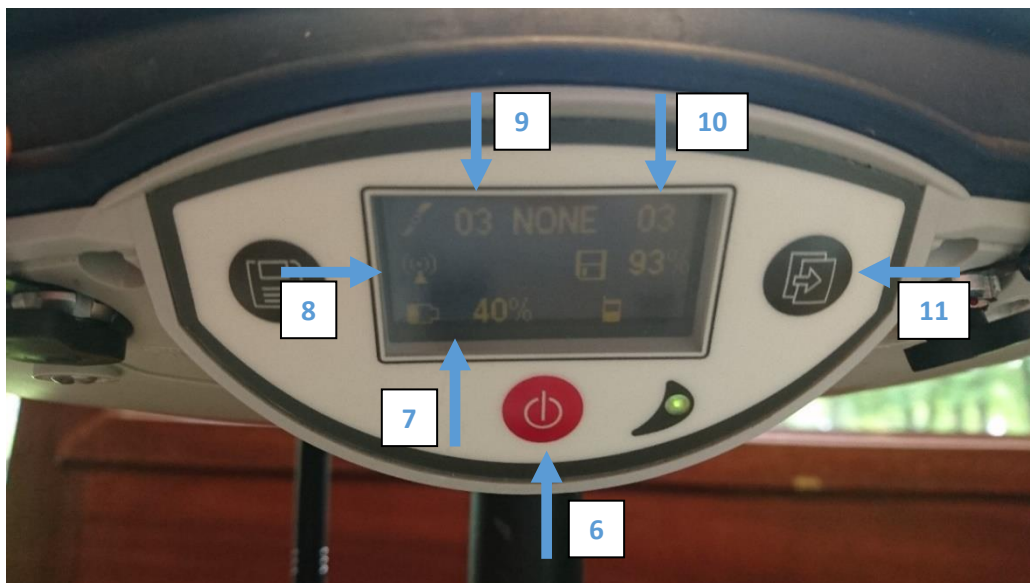
Aanzetten gebeurt via knop bij nummer [5](#), uitzetten gebeurt via Windows → Start → Shut down



Figuur 6: Voorkant Panasonic CF-D1

2.2 GPS: Ashtech Promark 800

De GPS is het gedeelte dat zorgt voor locatiebepaling. De Promark 800 is uitgerust met een simkaart voor RTK correctie. Dit zorgt ervoor dat de locatie binnen 5 cm nauwkeurig bepaald kan worden. Figuur 7 is een weergave van het bedieningsscherm van de Promark 800.



Figuur 7: Scherm Ashtech Promark 800

6. [Aan/uit knop:](#) Druk de knop in en de Promark 800 start zichzelf op. Deze is zo ingesteld dat de gebruiker vervolgens niets meer hoeft in te stellen. Alles gaat automatisch.
7. [Batterij status](#)
8. [Connectie met RTK correctiesignaal](#)
9. [Aantal satellieten dat gevonden wordt](#)
10. [Aantal satellieten dat gebruikt wordt](#)
11. [Deze knop tijdelijk indrukken zorgt ervoor dat het scherm oplicht](#)

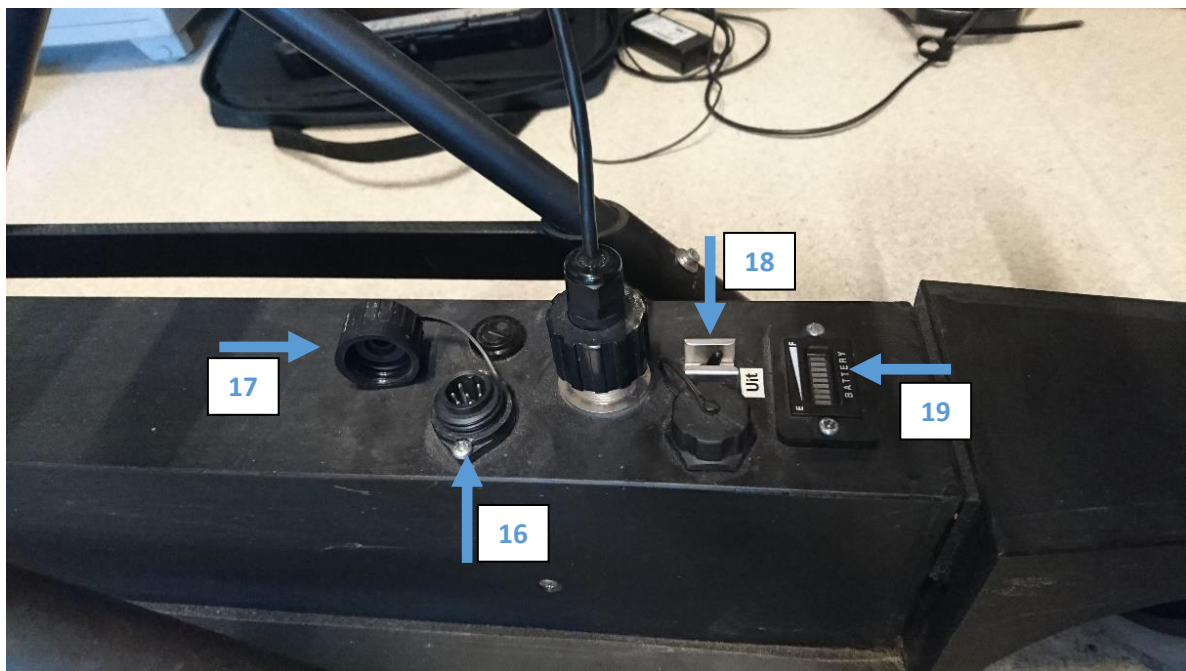


Figuur 8: Onderkant Ashtech Promark 800

12. [Bevestigingspunt van de Promark 800 op de grondradar:](#) De Promark 800 wordt met schroefdraad bevestigd op de grondradar. Belangrijk is dat bij bevestiging doorgedraaid wordt tot het einde van het schroefdraad. Dit is de hoogte waar de gps op is afgesteld.
13. [Klepje waarachter de batterij zich bevindt](#)
14. [Batterij](#)
15. [Oplaadstation voor de batterij:](#) Plaats de batterij in het oplaadstation en sluit de adapter aan, de batterij zal automatisch opladen

2.3 Radar

De radar is het onderdeel waar de signalen worden uitgezonden en ontvangen. Net als bij de GPS is de enige functionaliteit voor de gebruiker het uit en aanzetten.



Figuur 9: Aansluitingen en bediening radar

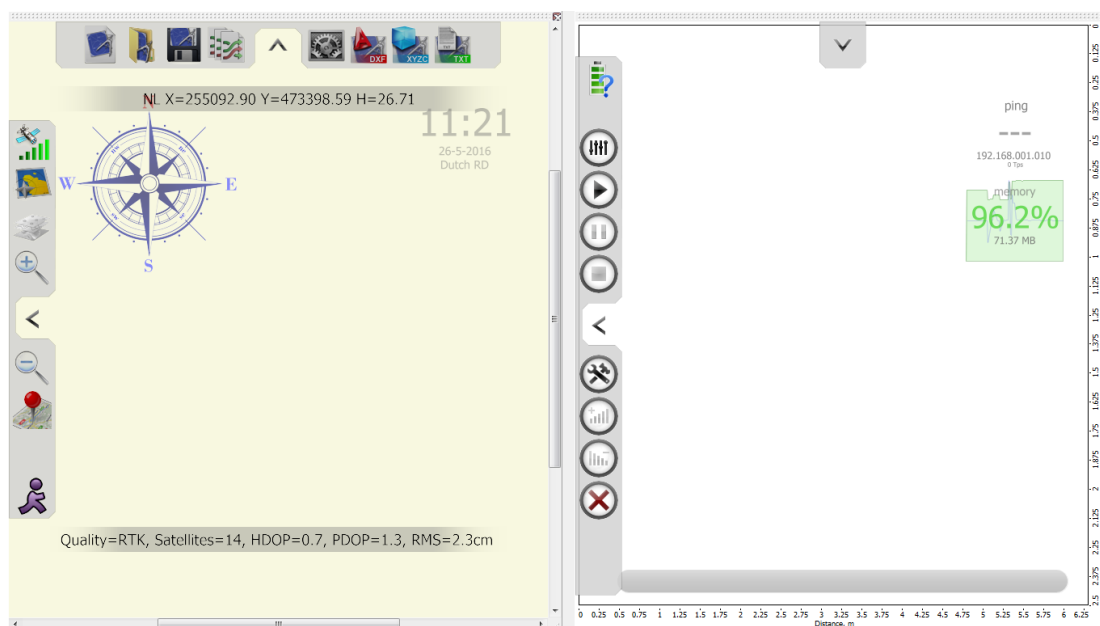
16. [Aansluitpunt oplader](#)
17. [Beschermingsdop oplader:](#) Als de radar niet aan de oplader ligt dient deze dop weer vastgedraaid te worden ter voorkoming van viezigheid in de adapteraansluiting
18. [Aan/uit knop](#)
19. [Batterij status](#)

3. Software

In het vorige hoofdstuk is de hardware waar de grondradar uit bestaat besproken. Dit hoofdstuk zal de software behandelen. Voor het uitvoeren van een meting is het programma Radarmap nodig. Deze staat op de computer van de grondradar.

3.1 Radarmap

Radarmap is de software waarmee de meting uitgevoerd wordt. Het icoontje van Radarmap bevindt zich op het bureaublad, als deze is opgestart komt het scherm tevoorschijn als in Figuur 10. Het scherm is globaal verdeeld in twee velden, links en rechts. Het linker veld is waar de GPS data te zien is, en het rechter veld laat de resultaten van de radar zien.



Figuur 10: Startscreen Radarmap

Menubalk linksboven

De balk linksboven is de menubalk, hiermee worden algemene handelingen uitgevoerd.



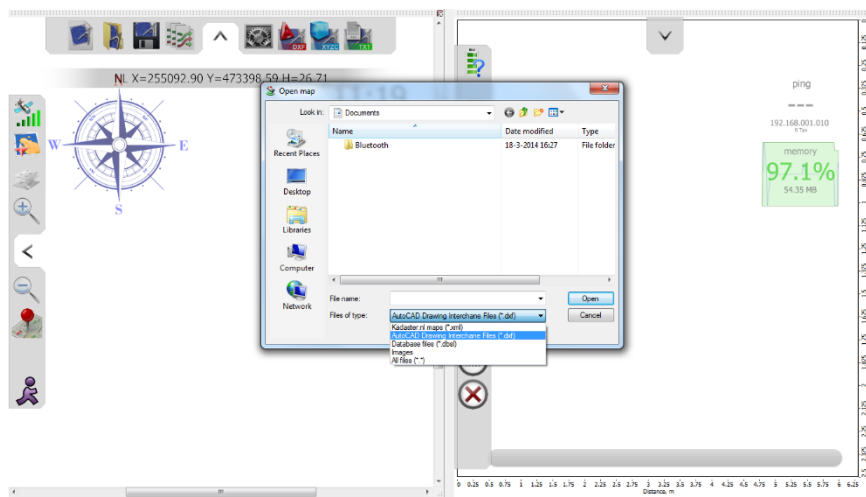
Figuur 11: Menubalk horizontaal linksboven Radarmap

20. [Nieuw Bestand:](#) Hiermee wordt een nieuw bestand gestart voor een nieuwe meting
21. [Open bestaand bestand:](#) Met deze knop kan een bestaande meting geopend worden.
22. [Opslaan huidig bestand:](#) Met deze knop kan het huidige bestand opgeslagen worden
23. [Instellingen:](#) Hiermee wordt het instellingen menu geopend
24. [Exporteren als .DXF bestand:](#) Met deze knop kunnen de GPS resultaten en markeringen als AutoCAD bestand opgeslagen worden
25. [Exporteren als .XYZC bestand:](#) Hiermee worden de resultaten geëxporteerd als XYZC bestand
26. [Exporteren als .Txt bestand:](#) Hiermee worden de resultaten geëxporteerd als tekst bestand

Menubalk verticaal links

De verticale menubalk helemaal links geeft de gebruiker opties betreffende de GPS.

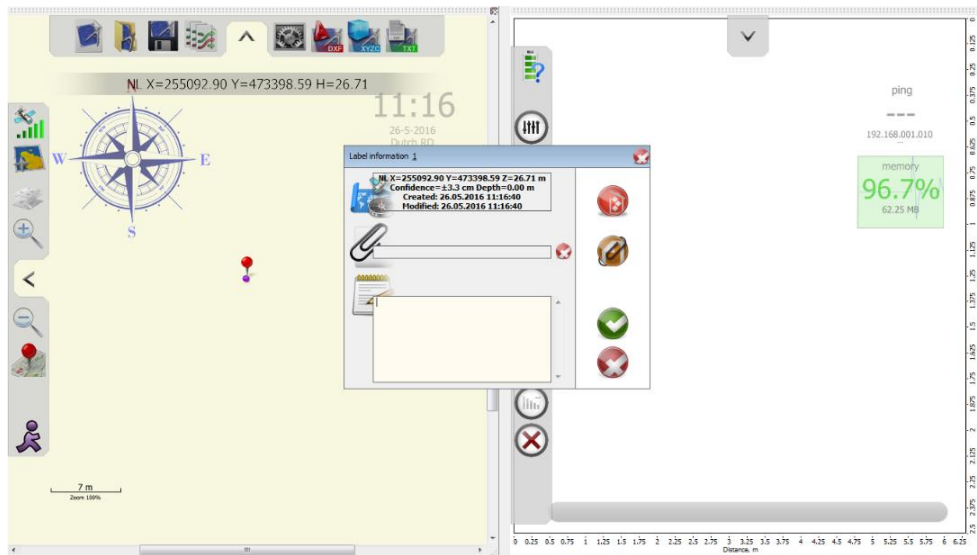
27. **Bereik:** Is een weergave van hoe goed het signaal van de GPS is
28. **Kaart toevoegen:** Met dit icoontje kan een kaart met Rijksdriehoekcoördinaten worden toegevoegd als achtergrond, hierdoor kan de gebruiker tijdens de meting duidelijk zien waar hij/zij zich bevindt. Dit kunnen .xml, .dxf en .dbsl bestanden zijn. Zie Figuur 13.
29. **Inzoomen op de kaart**
30. **Uitzoomen op de kaart**
31. **Huidige coördinaten:** Dit opent een pop-up scherm, en plaatst tevens een marker in het gps scherm, waarin de huidige coördinaten worden weergegeven met de nauwkeurigheid. De nauwkeurigheid van de z-coördinaat is altijd twee keer zo groot als die van de X, Y coördinaat. Zie Figuur 14.
32. **Volgen aan/uit:** Deze knop bepaald of het programma het GPS signaal gecentreerd houdt op de kaart, of de kaart stilhoudt en het GPS signaal verplaatst.



Figuur 131: Importeren kaart met Rijksdriehoekcoördinaten in Radarmap



Figuur 12:
Menubalk verticaal
links Radarmap



Figuur 14: Weergave venster GPS signaal in Radarmap

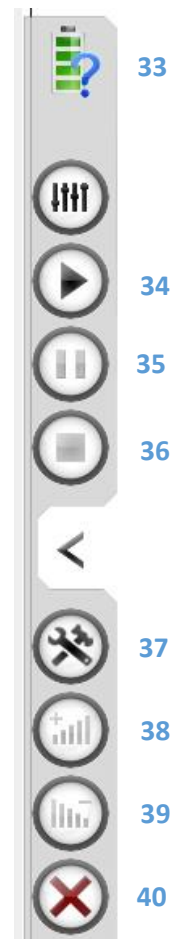
Menubalk verticaal midden

De verticale menubalk in het midden hoort bij het rechter gedeelte van het programma verantwoordelijk voor het weergeven van de meetresultaten.

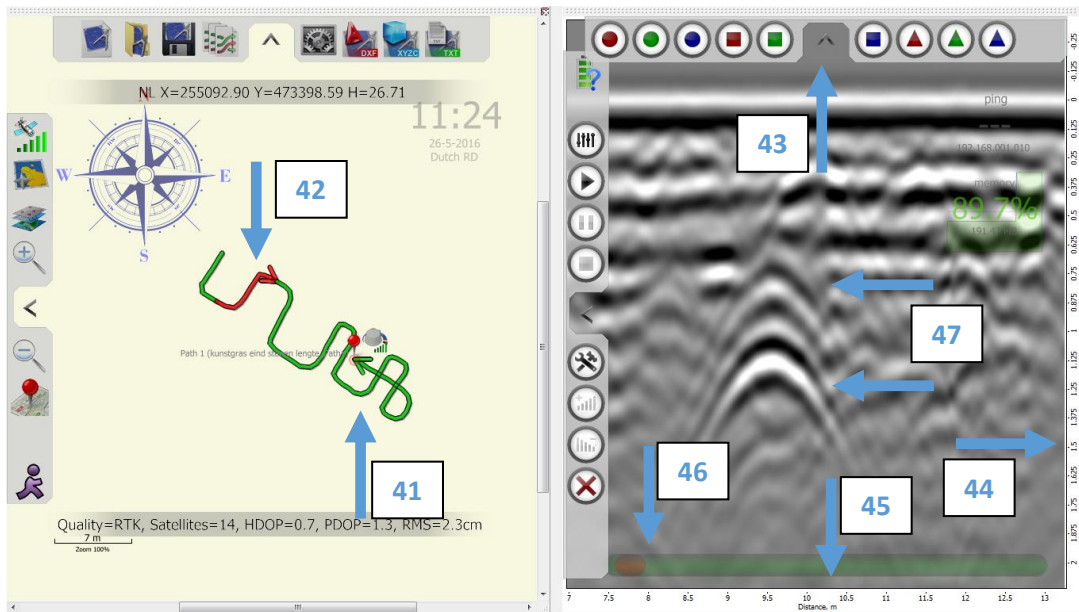
33. [Batterij status](#)
34. [Start meting](#)
35. [Pauzeer meting](#)
36. [Stop meting](#)
37. [Instellingen van de radar](#)
38. [Vergroten contrast radar](#)
39. [Verkleinen contrast radar](#)
40. [Radarmap Afsluiten](#)

3.1.1 Meting

Later zal uitgelegd worden welke stappen doorlopen moeten worden voor het uitvoeren van een meting. Dit hoofdstuk zal de software kant van een meting beschouwen. Als er een meting wordt uitgevoerd zijn er een aantal handelingen in Radarmap die nuttig kunnen zijn voor het resultaat. Figuur 16 geeft een voorbeeld van het resultaat van een kleine meting.



Figuur 15:
Menubalk verticaal
midden Radarmap



Figuur 16: Voorbeeld resultaten meting in Radarmap

GPS Venster

Het linker venster laat de GPS data zien, zoals hier te zien is was er geen kaart met Rijksdriehoekcoördinaten geüpload.

41. **Looplijn tracker:** De groene lijn is de lijn die de gebruiker heeft afgelegd tijdens de meting. De locatie van ieder punt van deze lijn is met coördinaten vastgelegd. Door op een punt in de lijn te klikken wordt naar dit punt verplaatst bij de resultaten.
42. **Bereik resultatenvenster:** De rode pijl is het gedeelte van de gemeten resultaten dat op dit moment op het rechter venster wordt weergegeven. Op dit moment is er dus terug gespoeld tot het weergeven van resultaten aan het begin van de meting.

Radar venster

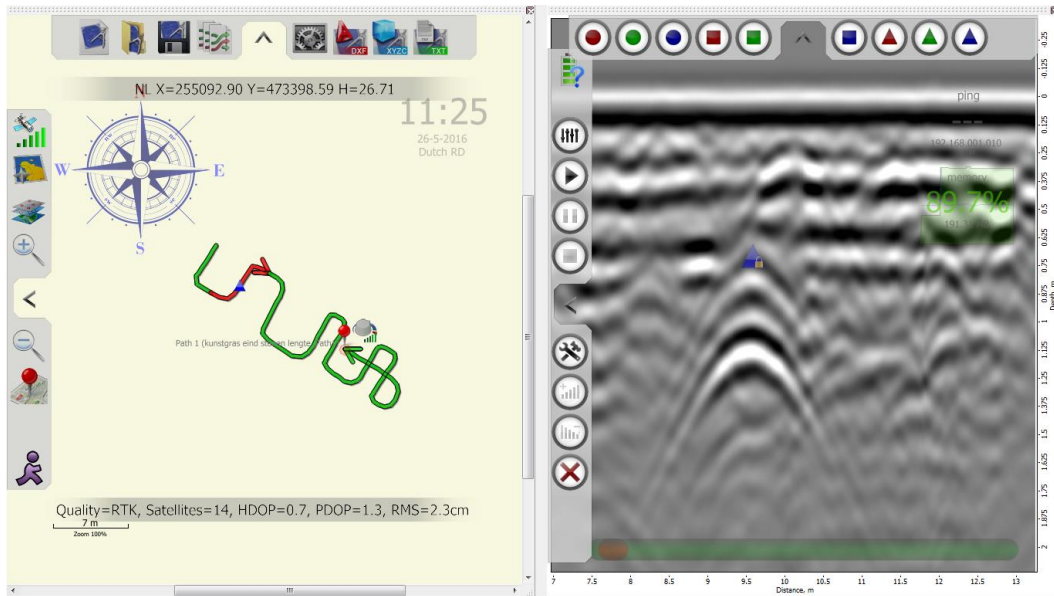
Het rechter venster laat de resultaten zien van wat de radar gemeten heeft. Hierbij zijn ook nog handelingen mogelijk die tijdens of na de meting uitgevoerd kunnen worden.

43. **Menubalk markeringen:** Deze balk geeft negen icoontjes die gebruikt kunnen worden om resultaten te markeren. Deze kunnen geplaatst worden tijdens en na de meting. Belangrijk voordeel van het plaatsen van een markering tijdens de meting is dat op dat moment de betrouwbaarheid van het gps signaal in de markering wordt bijgevoegd. Zo kan achter gekeken worden naar de betrouwbaarheid op een bepaald punt.
44. **Y-as:** Deze geeft de diepte weer. Deze diepte is variabel en hangt af van de Di-elektrische constante behandeld in het hoofdstuk Di-elektrische waarde op pagina 13.
45. **X-as:** Deze geeft de afstand weer.
46. **Scrolbalk:** Hiermee kan naar voren en naar achter gescrold worden in de resultaten.
47. **Reflecties van gemeten kabel of leiding:** De twee bogen weergegeven in Figuur 16 geven een reflectie weer die een kabel of leiding in de grond representeert. Beide reflecties zijn van één entiteit, namelijk de boven en de onderkant. De top van de bovenste reflectie is de bovenkant van de gemeten kabel of leiding. De reflectie van de onderkant is in dit geval een stuk feller dan de bovenkant omdat de buis gevuld is met lucht of water, welke beide een Di-elektrische waarde hebben die voor een feller reflectie zorgt. Voor een nauwkeurige dieptemaat moet de bovenkant

van de bovenste reflectie worden aangehouden. In Figuur 17 is de bovenste boog gemarkeerd met de blauwe driehoek.

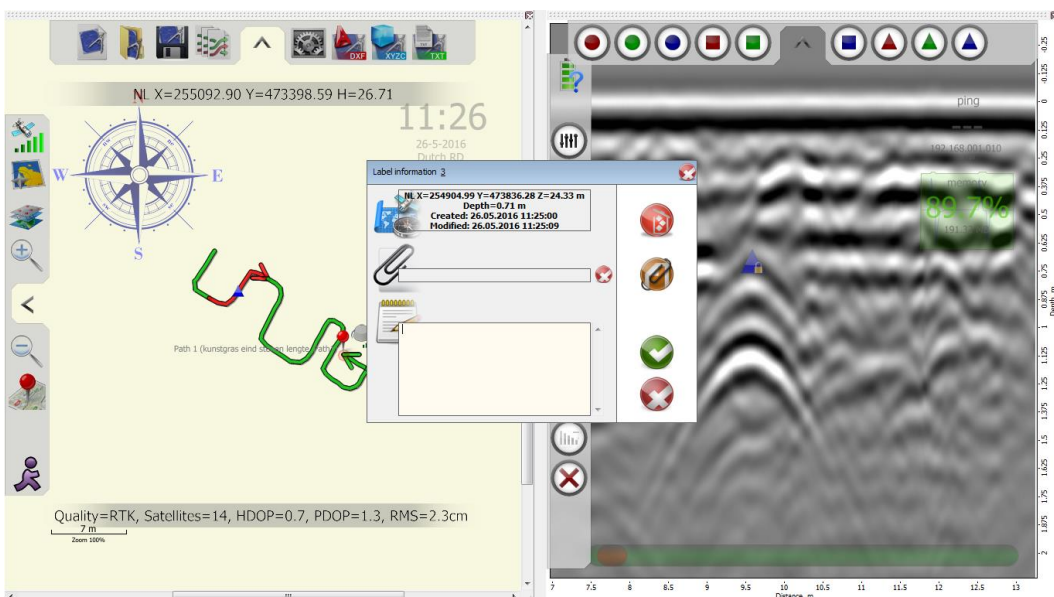
Markering plaatsen

Er kan dus een markering geplaatst worden tijdens en na een meting. Als voorbeeld is een marker geplaatst in Figuur 17 aan de bovenkant van de buis uit het vorige voorbeeld.



Figuur 17: Voorbeeld plaatsen markering in Radarmap

Bij de geplaatste marker staat een slot, dit betekent dat de marker niet verplaatst kan worden. Door dubbel te klikken op de marker verdwijnt het slotje en kan deze verplaatst worden. Wederom dubbel klikken zet de marker weer vast. Voor meer informatie over de precieze eigenschappen wordt met rechtermuisknop een informatie menu geopend als weergegeven in Figuur 18.

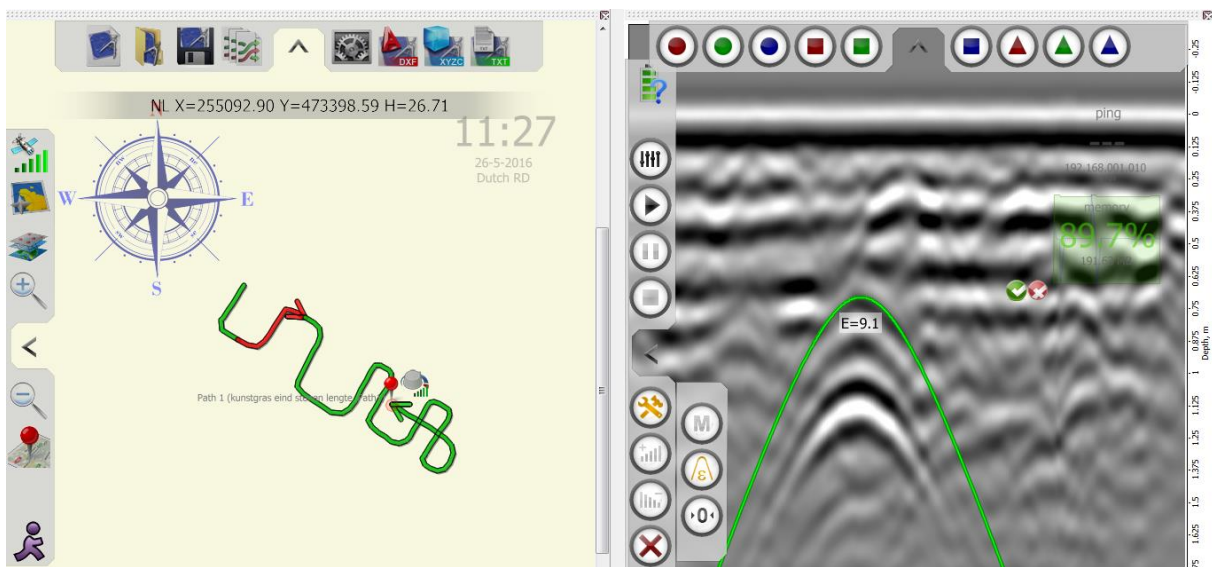


Figuur 18: Voorbeeld informatiescherm van marker in Radarmap

Weergegeven worden nu de X, Y en Z coördinaten van de marker evenals de diepte onder het maaiveld. De z-coördinaat is in meter NAP. De betrouwbaarheid, als wel aanwezig in Figuur 14, ontbreekt hier. Dit is het gevolg van het plaatsen van de marker na de meting. Als de marker tijdens meting met gps verbinding wordt geplaatst na de meting.

Di-elektrische waarde

Voor een betrouwbare meting kan de di-elektrische constante aangepast worden aan de meetresultaten. Door bij instellingen de knop voor de di-elektrische waarde (boog met de ϵ erin) in de drukken verschijnt er een groene boog met een getal in het resultaten scherm, als weergegeven in Figuur 19. Sleep de groene boog over een gemeten reflectie en maak deze vervolgens breder of smaller door er binnen of erbuiten te klikken met de muis. Met een verandering van de waarde zal ook de diepte veranderen. Nauwkeurig fitten van de boog is dan ook belangrijk voor betrouwbare resultaten.



Figuur 19: Voorbeeld Di-elektrische waarde in Radarmap

4. Uitvoeren van een meting

Nu bekend is welke componenten er zijn en welke software nodig is voor het uitvoeren van een meting zal de gebruiker door een meting heen geloodst worden. Na dit hoofdstuk zal duidelijk zijn welke handelingen er uitgevoerd moeten worden en zal de gebruiker zelfstandig een meting uit kunnen voeren. Gestart wordt met het aansluiten en aanzetten van de apparatuur. Vervolgens zal uitgelegd worden hoe de zogenaamde controle werking uitgevoerd wordt, hiermee wordt gecontroleerd of de grondradar naar behoren functioneert. Als laatste wordt een korte toelichting gegeven over looplijnen in het doelgebied voor een betrouwbare meting.

4.1 Aansluiten en aanzetten

Voor het aansluiten en aanzetten moeten de volgende stappen uitgevoerd worden

1. Computer Panasonic CF-D1 vastzetten op het klittenband op de houder, [Figuur 20](#)
2. Sluit de zwarte antenne aan op de GPS Ashtech Promark 800, [Figuur 21](#)
3. Vastdraaien GPS Ashtech Promark 800 op de houder, [Figuur 22](#)
4. Aansluiten kabel radar aan Panasonic CF-D1, [Figuur 23](#)
5. Zet de Panasonic CF-D1 aan, [Figuur 6 Punt 5](#)
6. Zet de Ashtech Promark 800 aan, [Figuur 7 Punt 6](#)
7. Zet de radar aan, [Figuur 9 punt 18](#)

De Ashtech Promark 800 hoeft niet met een kabel met de computer verbonden te worden. Communiceren gebeurt via bluetooth.



Figuur 20: Vastzetten Panasonic CF-D1 met klittenband op de grondradar



Figuur 21: Onderdelen GPS Ashtech Promark 800 los en in elkaar gezet



Figuur 22: Bevestigingspunt GPS & GPS bevestigd



Figuur 23: Aansluiten kabel radar op Panasonic CF-D1

4.2 Controle werking

Controle werking is ervoor om te zorgen dat de grondradar naar behoren werkt. Deze handeling is in feite een kleine meting en kan voor het verplaatsen naar een locatie worden uitgevoerd om de uitvoerder ervan te verzekeren dat er een werkende grondradar meegenomen wordt. Controle werking bestaat uit de volgende stappen:

1. Zet het systeem aan
2. Controleer de batterijduur van de computer, GPS en radar
3. Start Radarmap op op de computer
4. Controleer of er een GPS signaal gemeten wordt, of er een betrouwbaarheid bijstaat en of deze kleiner is dan ± 5 cm.
5. Druk op start meting
6. Loop vijf meter naar voren
7. Controleer of:
 - a. De GPS de verplaatsing registreert en bijhoudt
 - b. In het resultatenvenster een logisch resultaat wordt weergegeven
8. Sluit Radarmap af, sla de resultaten niet op
9. Zet alle componenten uit

4.3 Looplijnen

Belangrijk van de looplijnen is dat deze het gehele doelgebied moeten bedekken. Voor een goed resultaat is het dan ook het makkelijkst dit systematisch aan te pakken. In Radarmap is te volgen welke lijnen er al gelopen zijn gekoppeld aan de coördinaten als gedemonstreerd in het hoofdstuk Radarmap. Om een accuraat beeld te krijgen zijn er de volgende aspecten van belang.

1. Het doelgebied dient gemeten te worden in twee looprichtingen die haaks op elkaar staan. Dit houdt in dat er een raster gelopen wordt. Dit is belangrijk omdat hiermee kabels en leidingen in alle richtingen duidelijk weer gegeven worden.
2. De onderlinge afstand tussen twee opeenvolgende raster- of looplijnen zijn 30 tot 50 cm. Hiermee wordt het meest betrouwbare resultaat behaald.
3. Het is altijd mogelijk dat er bovengrondse objecten zijn die een looplijn verhinderen, hier is niets aan te doen. In dit geval dient er zo dicht mogelijk langs het beperkende object gelopen te worden en waar mogelijk het raster weer volgen. Bij kleine beperkingen zullen de resultaten vervolgens uit interpolatie gehaald kunnen worden voor het niet gemeten oppervlakte.

Handleiding B: Proces grondradar meting



In samenwerking tussen Universiteit Twente en GT Frontline

Inhoudsopgave

INLEIDING	3
FASE 1: START	4
FORMULIER FASE 1: START	5
FASE 2: VOORBEREIDING	7
2.1 FORMULIER.....	7
2.2 CHECKLIST.....	8
2.3 CONCLUSIE	8
FORMULIER FASE 2: VOORBEREIDING	9
CHECKLIST FASE 2: VOORBEREIDING	15
FASE 3: UITVOERING METING	16
3.1 VOORBEREIDING METING.....	16
3.2 TIJDENS DE METING	16
3.3 NA DE METING	16
CHECKLIST FASE 3.1: VOORBEREIDING METING	18
CHECKLIST FASE 3.2: UITVOEREN METING	19
CHECKLIST FASE 3.3: NA DE METING	20
FASE4: POSTPROCESSING EN AFRONDING	21
4.1 POSTPROCESSING	21
4.2 SAMENVATTINGSFORMULIER.....	21
FORMULIER FASE 4: SAMENVATTING.....	23

Inleiding

Het gebruik van grondradar voor het in kaart brengen ondergrondse infrastructuur is een innovatieve techniek die midden in zijn ontwikkeling staat. De potentie van het gebruik van grondradar staat buiten kijf, echter is vooral het gebruik van de grondradar in het veld en de handelingen eromheen nog een willekeurig proces. De meeste gebruikers de grondradar naar eigen inzicht en ervaring. Om een eenduidig proces te creëren voor het gebruik van de Infraradar van GT Frontline voor zijn gebruikers is deze handleiding opgesteld. Deze handleiding is opgedeeld in twee onderdelen. Deze handleiding is deel B, welke het proces van een meting met de grondradar behandelt. Begonnen wordt met het proces van de grondradar meting zelf. Welke fases zijn onderkend, en wat moet er per fase uitgevoerd dan wel opgeschreven worden om tot een compleet resultaat te komen. De combinatie van deze twee onderdelen zorgt ervoor dat een gebruiker van de grondradar zonder voorkennis met deze handleiding het gehele traject met goed gevolg af kan leggen en een bruikbaar resultaat neer kan zetten.

Fase 1: start

Fase nul is het startpunt van het gehele proces. Hierin worden de basis gelegd van de uit te voeren meting. Onderdeel van deze fase is het vaststellen wie de deelnemende partijen zijn, wat de probleem- en doelstelling is en welke planning er in het project gehandhaafd moet worden. Hieronder per onderdeel een korte toelichting

Opdrachtgever

Het vastleggen van wie de opdrachtgever is, voor juridische en communicatieve doeleinden.

Opdrachtnemer

Het vastleggen van wie de opdrachtnemer is, voor juridische en communicatieve doeleinden.

Probleemomschrijving

Hier wordt aangegeven wat het probleem is.

Doelstelling

Bij de doelstelling wordt op concrete wijze het doel van de meting neergezet, aspecten die hierbij ten minste opgeschreven dienen te worden:

- Doelstelling
- Randvoorwaarden
- Wanneer de meting een succes is

Locatie

Dit is een initiële globale afbakening van het te meten doelgebied. Er hoeven hier nog geen precieze grenzen aangegeven worden. Wel belangrijk is dat de opdrachtnemer een duidelijke inschatting kan maken welk gebied ongeveer gemeten moet worden. De exacte grenzen zullen gespecificeerd worden in de voorbereiding.

Planning

Het onderdeel planning zal behandelen wanneer welke onderdelen van het proces worden uitgevoerd. Allereerst zal de datum van het invullen van het startformulier geregistreerd worden. Vervolgens wordt de datum en tijd waarop de meting uitgevoerd wordt vastgesteld. Hiermee kan dan in de voorbereiding rekening gehouden worden bij het inplannen van veiligheidsmaatregelen of het identificeren van datum gebonden risico's. Ook de beschikbare tijd voor nabewerking van de meetresultaten wordt vastgesteld, en de oplever deadline. Hiermee krijgt de uitvoerder een duidelijk overzicht van de planning van het proces.

Formulier Fase 1: Start

1. Opdrachtgever

Bedrijfsnaam Straat Postcode Plaats Contactpersoon Telefoon Email	
---	--

2. Opdrachtnemer

Bedrijfsnaam Straat Postcode Plaats Contactpersoon Telefoon Email	
---	--

3. Probleemomschrijving

- ☐ In kaart brengen aanwezige kabels en leidingen
- ☐ Bevestigen/ in kaart brengen onzekere maatvoering aanwezige kabels en leidingen
- ☐ Toevoegen Z-Coördinaat aan 2D informatie omtrent kabels en leidingen
- ☐ Controle voor grondroering
- ☐ Overig, namelijk:

--

4. Doelstelling

--

5. Locatie

Straat Postcode Plaats Woordelijke omschrijving	
--	--

6. Planning

Huidige datum	Klik hier als u een datum wilt invoeren.
Datum meting	van: Klik hier als u een datum wilt invoeren. tot: Klik hier als u een datum wilt invoeren.
Tijd start meting	van: tot:
Datum Nabewerking	van: Klik hier als u een datum wilt invoeren. tot: Klik hier als u een datum wilt invoeren.
Datum oplevering	Klik hier als u een datum wilt invoeren.

Fase 2: Voorbereiding

Dit is de voorbereidingsfase. Hierin worden de vragen waar, wie zijn de beheerders, bestaande kabels en leidingen en waar wordt mee gemeten uitgewerkt. Doel van deze fase is een concreet beeld te krijgen van de situatie van het in kaart te brengen doelgebied. Als deze fase is afgerond en het formulier afgerond is dient deze beschikbaar gesteld te worden aan de uitvoerende partij. Na de toelichting van het Formulier zal ook de checklist behandeld worden.

2.1 Formulier

Het voorbereidingsformulier is om alle relevante informatie betreffende de meting vast te leggen. Dit zorgt ervoor dat de persoon die de meting uitvoert niet snel voor onverwachte situaties komt te staan in het veld.

Locatie

Hier wordt een duidelijk afbakening van het te meten doelgebied gegeven. Dit kan door middel van een google maps afbeelding met daarin getekend de grenzen van het doelgebied. De uitvoerder van de meting moet in het veld kunnen herkennen wat de grenzen zijn.

Beheerder doelgebied

Mocht het te meten doelgebied niet in het beheer zijn van de opdrachtgever of de opdrachtnemer dan dient deze erkent te worden en benaderd voor toestemming van het uitvoeren van de meting. Deze toestemming dient schriftelijk bevestigd te worden. Een kopie van deze toestemming wordt bijgevoegd in het voorbereidingsformulier onder Bijlage A. De uitvoerder van de meting heeft hiermee bewijs van toestemming van de meting op locatie.

Werkvergunning

Is er een werkvergunning nodig voor het werken in het doelgebied? Deze vraag wordt hier behandeld. Daarbij worden ook de aspecten behandeld die bij een werkvergunning komen kijken. Waar kan de vergunning opgehaald worden, wie is het contactpersoon ter plaatse, welke persoonlijke beschermingsmiddelen zijn er nodig voor werken in het doelgebied en is een VCA, paspoort of ID vereist.

Gebruikte (openbare) infrastructuur in doelgebied

Als de meting zich plaatsvindt op plekken waar op dat moment verkeer kan langskomen, dient hier rekening mee gehouden te worden voor de veiligheid van de personen die de meting uitvoeren en de weggebruikers. Delen van de weg, of de gehele weg zal moeten worden afgezet.

Er zijn hierbij twee mogelijkheden, de opdrachtgever is een organisatie die zelf voorschriften heeft voor hoe te handelen in dit soort situaties, of deze moeten door de opdrachtnemer opgesteld worden. In het eerste geval werkt de opdrachtnemer deze uit volgens de voorschriften van de opdracht gevende organisatie, in het tweede geval werkt de opdrachtnemer zelf veiligheidsmaatregelen uit volgens de richtlijnen hiervoor opgesteld door het CROW¹. Naast het schriftelijk uitwerken van de veiligheidsmaatregelen moet hier ook fysiek de voorbereidingen getroffen worden met het verzamelen dan wel bestellen van de benodigde middelen om de uitgewerkte maatregelen uit te kunnen voeren. Deze uitgewerkte veiligheidsmaatregelen dienen bijgevoegd te worden in Bijlage B.

Archiefonderzoek naar bestaande ondergrondse objecten

Een archiefonderzoek moet uitwijzen naar bestaande ondergrondse objecten in het doelgebied. Hierbij wordt onderscheid gemaakt in twee categorieën: (1) de ondergrondse objecten behoren tot de ondergrondse infrastructuur, (2) de ondergrondse objecten behoren niet tot de ondergrondse infrastructuur. Belangrijk is

¹ CROW Publicatieserie Werk in Uitvoering 96a/b, Artikelnummer: PPWIU4_1

hier onderscheid in te maken omdat groep één meegenomen moet worden in het resultaat en groep twee niet.

1. Kabels en Leidingen: Na het vinden van kaarten in een archief onderzoek zijn er twee mogelijkheden, de kaart is beschikbaar met Rijksdriehoekcoördinaten of zonder. AutoCAD kaarten met Rijksdriehoek coördinaten kunnen geüpload worden in de computer van de GPR (zie Tutorial Grondradar) voor het grootste gebruikersgemak. Naast het uploaden van de kaart in de GPR computer dient de kaart ook bijgevoegd te worden in Bijlage C. Als er geen kaart met Rijksdriehoekcoördinaten beschikbaar is zal alleen een kaart in Bijlage C bijgevoegd worden.

Van de gevonden kabels en leidingen dient de beheerder genoteerd te worden. Deze informatie moet ook verwerkt worden in het resultaat voor een zo compleet mogelijk beeld van de situatie.

Ook is het mogelijk dat er geen kaarten zijn gevonden maar dat er op basis van mondeling overgebrachte kennis of andere documenten wel het vermoeden is dat er kabels en leidingen liggen. Om deze te inventariseren en de informatie over te dragen aan de uitvoerder dienen deze verwachte kabels en leidingen beschreven te worden in Tabel 1.

2. Overige ondergrondse objecten: Behalve kabels en leidingen kunnen er ook andere ondergrondse objecten aanwezig zijn, zoals bijvoorbeeld funderingen. Deze objecten kunnen echter wel voor verwarring zorgen bij de meting en interpretatie, een zo compleet mogelijk overzicht is dan ook van belang en dient te worden ingevuld in Tabel 2.

Grondradar

Hier wordt het type- en serienummer van de gebruikte grondradar ingevuld, voor administratieve doeleinden.

2.2 Checklist

De checklist is de lijst met handelingen die uitgevoerd moet worden in deze fase. In de voorbereiden zijn de handelingen gericht op het controleren en voorbereiden van de grondradar voor de meting in het veld. Allereerst moeten alle elektrische componenten van de grondradar opgeladen worden. De batterij duur van sommige onderdelen is beperkt en voor een meting dienen deze dus geheel vol te zijn. Belangrijk aandachtspunt is dat de batterij van de radar zelfs wanneer deze uit staat leegloopt, en de batterij dus aan de lader dient te liggen tot zo kort mogelijk voor de meting.

De werkwijze voor controle werking staat uitgelegd in de Grondradar Tutorial. Deze uitvoeren in de voorbereiding zorgt ervoor dat als er gebreken aan de Grondradar blijken te zijn er nog genoeg tijd is om hier op in te spelen.

Al het materiaal dat verzameld wordt voor het uitvoeren van de meting dient verzameld te worden op een locatie bekend bij de uitvoerende partij.

2.3 Conclusie

Belangrijk is dat aan het eind van deze fase de uitvoerende partij aan de hand van dit formulier en getroffen regelingen de meting kan uitvoeren zonder hierbij middelen te missen voor bijvoorbeeld veiligheidsmaatregelen en markeringen.

Formulier Fase 2: Voorbereiding

1. Locatie

Plaats hieronder een afbeelding met duidelijke afbakening van het te meten doelgebied

2. Beheerder doelgebied

Naam eigenaar/bedrijf Straat Postcode Plaats Contactpersoon Telefoon Email	
--	--

2.1 Is er een werkvergunning nodig voor werken in het doelgebied?

- ☐ Ja, ga door met punt 2.2
- ☐ Nee, ga door naar punt 3

2.2 Locatie waar de vergunning opgehaald kan worden en contactpersoon

Straat Postcode Plaats Tijdstip Contactpersoon Telefoon Email	
---	--

2.3 Welke persoonlijke beschermingsmiddelen zijn vereist?

	Beschermingsmiddel
1	
2	
3	

2.4 VCA vereist?

- ☐ Ja
- ☐ Nee

2.5 Paspoort / ID kaart vereist?

- ☐ Ja
- ☐ Nee

2.6 Voeg mits mogelijk een kopie van de vergunning bij in Bijlage A

3. Is er in het doelgebied (openbare) infrastructuur die tijdens de meting gebruikt wordt?

☐ Ja, ga door met punt 4

☐ Nee, ga door naar punt 5

4. Heeft de opdrachtgever vastgestelde veiligheidsprocedures voor het afzetten van (openbare) infrastructuur?

☐ Ja, ga door naar punt 4.1

☐ Nee, ga door naar punt 4.2

4.1 Werk de veiligheidsmaatregelen uit volgens de veiligheidsprocedures van de opdrachtgever en voeg deze bij in Bijlage B

4.2 Werk de veiligheidsmaatregelen uit volgens CROW richtlijnen voor werk in uitvoering en stel voeg deze bij in Bijlage B

5. Archief onderzoek naar ondergrondse objecten in doelgebied

5.1 Is er bestaande ondergrondse infrastructuur in het doelgebied in het archief aangetroffen?

☐ Ja, digitaal beschikbaar met Rijksdriehoek coördinaten. Voer 5.2 & 5.3 uit

☐ Ja, digitaal beschikbaar zonder coördinaten. Voer 5.3 uit

☐ Nee, maar deze wordt wel verwacht aanwezig te zijn. Ga door naar 5.4

☐ Nee, en deze wordt ook niet verwacht aanwezig te zijn. Ga door naar 5.6

5.2 Upload de digitale kaart met Rijksdriehoek coördinaten op de GPR computer

5.3 Print de kaart uit en voeg deze bij in Bijlage C

5.4 Geef een lijst van verwachte kabels en leidingen in het gebied, met waar mogelijk een inschatting van de locatie

	Type Kabel of leiding	Geschatte locatie
1		
2		
3		

5.5 Eigenaar bestaande ondergrondse infrastructuur (meerdere mogelijk)

Naam eigenaar/bedrijf Straat Postcode Plaats Contactpersoon Telefoon Email Eigenaar van welke OI?	
--	--

Naam eigenaar/bedrijf Straat Postcode Plaats Contactpersoon Telefoon Email Eigenaar van welke OI?	
--	--

Naam eigenaar/bedrijf Straat Postcode Plaats Contactpersoon Telefoon Email Eigenaar van welke OI?	
--	--

5.6 Worden er nog andere ondergrondse objecten verwacht?

☐ Nee

☐ Ja, en deze zijn beschikbaar op kaart

☐ Ja, worden verwacht maar staan niet op de kaart, vul onderstaande tabel in

	Soort object	Geschatte locatie
1		
2		
3		

6. Grondradar

Type Serienummer	
---------------------	--

Bijlage A: Toestemming beheerder doelgebied

Bijlage B: Veiligheidsmaatregelen

Bijlage C: Kaart bestaande Kabels en Leidingen

Checklist Fase 2: Voorbereiding

1. Grondradar

1.1 op te laden elektrische componenten

- Computer (Panasonic CF-D1)
- GPS (Ashtech Promark 800)
- Radar

1.2 Controle werking

2. Verzamel uitgeprinte kaarten van

- Bestaande ondergrondse infrastructuur
- Vervachte overige ondergrondse objecten

3. Verzamel al het benodigde materiaal voor de veiligheidsmaatregelen en stel deze beschikbaar voor de uitvoerende partij.

4. Verzamel al het benodigde materiaal voor het markeren van kabels en leidingen in het veld. Stel deze beschikbaar voor de uitvoerende partij

Fase 3: uitvoering meting

Deze fase is het daadwerkelijk uitvoeren van de meting. Dit is weer opgedeeld in drie verschillende fases respectievelijk: voorbereiding meting, uitvoeren meting en afronden meting. In de eerste fase zal de uitvoerder zich inlezen op de details van de meting. Vervolgens zal de meting uitgevoerd worden en als laatste zal er een stuk afronding plaatsvinden.

3.1 Voorbereiding meting

De uitgebreide voorbereiding heeft al plaatsgevonden, deze voorbereiding is bedoeld om (1) voor vertrek de uitvoerder mits nog niet bekend met de locatie te informeren en de spullen te verzamelen die op locatie nodig zijn en (2) voorbereidingen te treffen voor de meting op de locatie zelf.

Als de meting wordt uitgevoerd door een persoon die niet zelf de voorbereiding heeft uitgevoerd kan deze zich inlezen met het ingevulde voorbereidingsformulier en bijlagen. Hierin staat alle relevante informatie die nodig is om de meting tot een succes te maken.

Op locatie dient het doelgebied verkent te worden en een Last Minute Risico Inventarisatie uitgevoerd worden. In het veld kan een plek voor omstandigheden zorgen die vanaf een kaart of geheugen in eerste instantie niet waren opgemerkt. Hierbij wordt gekeken naar risico's voor de veiligheid die niet zijn uitgewerkt in de voorbereiding en locatiebeperkingen waar van tevoren geen rekening mee gehouden zijn. Voorbeeld van dit laatste kan zijn hoog gras dat de werking van de GPR belemmert, of diepe plassen als gevolg van regenval. Het kan handig zijn voor een later tijdstip om foto's van het doelgebied te hebben, en moeten dan ook gemaakt worden voor de meting plaatsvindt.

Mocht er al wel bekend zijn waar bepaalde kabels en leidingen in het veld liggen, maar deze niet beschikbaar zijn als autocad bestand met Rijksdriehoekcoördinaten in de grondradar computer is het handig deze voor de meting al te markeren.

3.2 Tijdens de meting

De meting zelf is een proces met relatief weinig handelingen. Belangrijk zijn de looplijnen om tot een nauwkeurig en dekkend resultaat te komen. Hoe te lopen tijdens een meting wordt behandeld in de Grondradar Tutorial.

Wat wel kan zorgen voor handelingen tijdens de meting is wanneer de meting is ter controle voor een grondroering. In dit geval zal er geen post-processing van de resultaten plaatsvinden en is het voor de grondroerders van belang in het veld te weten waar de gedetecteerde kabels en leidingen liggen. Deze dienen dus ter plekke gemarkeerd te worden, hierbij is belangrijk dat de markeringen een zo volledig mogelijk beeld geven van de kabels en leidingen om de kans op graafschade te minimaliseren.

Als laatste moeten de resultaten opgeslagen worden.

3.3 Na de meting

Locatie

Als de resultaten zijn verzameld is het nog zaak de locatie, mits mogelijk, weer op te ruimen en in originele staat achter te laten. Zaken die opgeruimd moeten worden zijn bijvoorbeeld tijdelijke markeringen ten behoeve van de veiligheid zoals geplaatste pionnen. Mochten er markeringen geplaatst zijn die op een later tijdstip nog nodig zijn, als het geval is bij een meting ter controle voor grondroering op dag 1 en de uitvoering van de grondroering op dag 2, dan dienen deze dusdanig te zijn aangebracht dat ze betrouwbaar blijven

zitten en geen gevaar voor de veiligheid opleveren. Markeringen dienen zowel fysiek als digitaal, middels een GPS markering in Radarmap, geplaatst worden.

Grondradar

De grondradar kan vies worden tijdens de meting en moet gelijk na de meting schoongemaakt worden. In de meeste gevallen is afnemen met een doek voldoende. Uitzondering hierop is wanneer de meting is uitgevoerd in een gebied waar agressiever vuil is, zoals bijvoorbeeld in een riool. Na metingen in deze omgevingen dient de grondradar grondig schoongemaakt te worden om de grondradar te beschermen tegen bijtende bestandsdelen van het vuil die voor beschadigingen kunnen zorgen.

Tevens dienen de bewegende delen gesmeerd te worden met de juiste smeermiddelen.

- Metaal: Vet
- Kunststof: Siliconen

Resultaten

Als de meting is afgerond kunnen de resultaten geëxporteerd worden in het formaat vastgesteld bij het startformulier. Deze dienen verstrekt te worden aan de partij verantwoordelijk voor verwerking.

Checklist Fase 3.1: Voorbereiding meting

Voor vertrek

1. Voorbereiding

1.1 Verkrijg en bestudeer het voorbereidingsformulier

1.2 Verzamel al het beschikbaar gestelde materiaal en middelen voor het uitvoeren van de meting

2. Grondradar

2.1 Controle werking

Op locatie

3. Locatie

3.1 Locatie inspecteren op, en handelen naar

- *Niet geïnventariseerde risico's*
- *Niet eerder opgemerkte locatiebeperkingen*

3.2 Maak foto's van het te meten doelgebied

3.3 Markeer van tevoren meetbare Kabels en Leidingen

Checklist Fase 3.2: Uitvoeren meting

1. *Looplijnen dienen te worden gelopen volgens de richtlijnen die in de Grondradar Tutorial staan*

Indien een meting zonder post-processing wordt uitgevoerd, dienen de volgende de volgende stappen ook doorlopen te worden

2. *Gemeten resultaten dienen geregistreerd te worden volgens de volgende richtlijnen:*

- *Als de markering met een offset geplaatst wordt zal de offset bij de markering aangegeven worden*
- *De functie van de K&L, mits bekend, zal aangegeven worden meteen letter of kleurcode*
- *Dieptematen zullen bij de markering aangegeven worden*
- *Markeringen zullen niet bestaan uit entiteiten die de K&L kunnen beschadigen*
- *Markeringen zullen de richting van de K&L aangeven*
- *Markeringen zullen een verandering van richting van de K&L aangeven*
- *Gemeten ondergrondse objecten anders dan K&L zullen apart gemarkeerd worden*

3. *Sla de meetresultaten op*

Checklist Fase 3.3: Na de meting

1. Locatie

1.1 De locatie dient opgeruimd te worden en in dezelfde staat als deze is aangetroffen achter gelaten te worden

1.2 Geplaatste markeringen die nodig zijn op de locatie op een later tijdstip dienen geen hinder te veroorzaken voor dagelijks gebruik van het doelgebied

2. Grondradar

2.1 Als de grondradar vies is geworden tijdens de meting dient deze

2.1.1 Afgenomen te worden bij normaal viezigheid zoals modder

2.1.2 Grondig schoongemaakt te worden bij gebruik in omgeving met agressiever vuil als bijvoorbeeld in een riool

3. Resultaten

3.1 Resultaten dienen opgeslagen te worden in het format aangegeven in het startformulier

3.2 Resultaten dienen ingeleverd te worden bij de partij verantwoordelijk voor nabewerking

Fase4: Postprocessing en afronding

4.1 Postprocessing

Tijdens dit proces worden de gemeten radar beelden omgezet in bruikbaar materiaal. Er zijn hierbij twee varianten mogelijk. Het door GT Frontline laten uitvoeren van het na bewerken of zelf de nabewerking uitvoeren. Voor meer complexere situaties waarbij hoge nauwkeurigheid vereist is, kan de nabewerking het beste overgelaten worden aan GT Frontline met meer kennis en toegang tot de benodigde software. Bij gebieden met simpelere ondergrondse infrastructuur kunnen de resultaten ook door de gebruiker zelf uitgewerkt worden in AutoCAD.

Postprocessing uitbesteden

Zoals aangegeven voor complexere situaties is de beste keuze om GT Frontline de resultaten te laten interpreteren. Zij beschikken hiervoor ook tot toegang tot het programma PRISM 2 welke nauwkeurig en snel een 3D overzicht kan creëren van de gemeten radarbeelden op basis van interpolatie. Naast toegang tot uitgebreide software bezitten zij ook een stuk meer kennis en ervaring op het gebied van resultaten interpretatie, wat zeker voor complexere situaties veel voordelen op kan leveren.

In house post-processing

Voor eenvoudigere situaties is het mogelijk zelf de nabewerking uit te voeren. In de Grondradar Tutorial staat uitgelegd hoe in Radarmap punten gemarkeerd kunnen worden in de resultaten, en hoe resultaten geëxporteerd kunnen worden als AutoCAD bestand.

Open dit bestand vervolgens met AutoCAD. als deze geopend is verschijnt er een overzicht met de door de GPS gemeten looproute en alle markeringen die in Radarmap zijn geplaatst. De route en markeringen zijn allemaal gelinkt aan Rijksdriehoekcoördinaten inclusief Z-coördinaat.

Wat rest voor nabewerking is de markeringen te verbinden in AutoCAD tot een kabel of leiding. Hierbij is het belangrijk alleen markeringen met elkaar verbinden die beide bij dezelfde kabel of leiding horen. Dit kan het makkelijkst op twee manieren

1. Maak gebruik van verschillende soorten markeringen in Radarmap. Mocht er bijvoorbeeld een water- en gasleiding naast elkaar liggen, geef dan beide met een aparte (kleur) markering aan dat het in AutoCAD duidelijk is welke markering bij welke leiding hoort
2. Markeer de aparte kabels of leidingen in aparte .DXF bestanden en voeg deze als verschillende layers in in AutoCAD. Hierdoor kan getekend worden met alleen de layer van één leiding aan waardoor misverstanden voorkomen worden.

4.2 Samenvattingsformulier

Dit formulier heeft als doel een complete indruk te geven van de gehele meting. Als een meting is uitgevoerd en er zijn op een later tijdstip vragen over de meting dan is alle kerninformatie over de meting in dit bestand te vinden.

Stap een tot en met vier kan uit eerdere documentatie gehaald worden en is om alle kerninformatie in één bestand samen te vatten. Stap vijf geeft informatie over de betrouwbaarheid van de meting. Als er bepaalde beperkingen waren op de locatie die van invloed kunnen zijn dienen deze geregistreerd te worden. Punt zes en zeven zijn er om een compleet beeld van de situatie en bodem te geven. Niet geregistreerde maar wel verwachte kabels en leidingen staan niet in het resultaat en dienen dus apart benoemd te worden. Een lijst van overige ondergrondse objecten is belangrijk voor toekomstige grondroeringen in het gebied.

Als laatste worden er AutoCAD tekeningen bijgevoegd in Bijlage A. Hiermee kan iemand die het samenvattingsformulier doorneemt het resultaat zien zonder dat deze toegang hoeft te hebben tot het specifieke AutoCAD bestand.

Formulier Fase 4: Samenvatting

1. Probleemomschrijving

2. Doelstelling

3. Locatie

Plaats hieronder een afbeelding met duidelijke afbakening van het te meten doelgebied

4. Grondradar

Type	
Serienummer	

5. Lijst van tegen gekomen locatiebeperkingen

	Omschrijving van de beperking	Gevolgen van beperking op de meting
1		
2		
3		

6. Lijst van verwachte kabels en leidingen die niet gedetecteerd zijn

	Type kabel of leiding	Verwachte locatie
1		
2		
3		

7. Lijst van gedetecteerde ondergrondse objecten anders dan kabels en leidingen

	Omschrijving van object	Locatie van object
1		
2		
3		

Bijlage A: Resultaat grondradar meting

Handleiding A:

Werken met de grondradar

Conceptversie 1.0

Peter Schakel

s0203955

Civiele Techniek Bachelor opdracht

Inhoud

Inleiding	3
1. Hardware	4
1.1 Computer Panasonic CF-D1	5
1.2 GPS: Ashtech Promark 800	7
1.3 Radar	8
2. Software	9
2.1 Radarmap	9
2.1.1 Meting	11
3. Uitvoeren van een meting	14
3.1 Aansluiten en aanzetten	14
3.2 Controle werking	16
3.3 Looplijnen	16

Inleiding

Het gebruik van grondradar voor het in kaart brengen ondergrondse infrastructuur is een innovatieve techniek die midden in zijn ontwikkeling staat. De potentie van het gebruik van grondradar staat buiten kijf, echter is vooral het gebruik van de grondradar in het veld en de handelingen eromheen nog een willekeurig proces. De meeste gebruikers de grondradar naar eigen inzicht en ervaring. Om een eenduidig proces te creëren voor het gebruik van de Infraradar van GT Frontline voor zijn gebruikers is deze handleiding opgesteld. Deze handleiding is opgedeeld in twee onderdelen. Deze handleiding is deel A welke de grondradar zelf behandelt en hoe deze werkt. Er zal behandeld worden uit welke hardware de grondradar bestaat, welke software er gebruikt wordt en hoe deze werkt en als laatste hoe de grondradar gebruikt moet worden.

1. Hardware

De grondradar bestaat uit drie componenten, respectievelijk:

1. Computer (Panasonic CF-D1, Figuur 1)
2. GPS (Ashtech Promark 800, Figuur 2)
3. Radar (Figuur3)



Figuur 3: Panasonic CF-D1



Figuur 2: Ashtech Promark 800



Figuur 1: Radar

1.1 Computer Panasonic CF-D1

De Panasonic CF-D1 toughbook is een laptop in een val- en waterbestendig behuizing voor werken buiten en in de werkplaats. Het besturingssysteem is Windows 7 en zal vertrouwd werken voor iedereen die bekend is met standaard Windows besturingssysteem. De mogelijkheden zijn uitgebreider dan uitgelicht in deze handleiding, er worden alleen zaken behandeld die van belang zijn voor het uitvoeren van een standaard meting.

Hardware

De hardware zijn de fysieke componenten. In dit geval zullen de aansluitingen die nodig zijn voor het uitvoeren van een meting worden behandeld.

1. Opladen: Dit is de aansluiting voor de bijgeleverde adapter om de laptop op te laden
2. Internet aansluiting: Hier zit een ethernet poort voor als internet nodig is op de laptop.
3. USB-poorten: Dit zijn de USB poorten om een USB-stick op aan te sluiten bij bestandsoverdracht. Hiermee kunnen bijvoorbeeld kaarten of informatie op de laptop te zetten of om resultaten van de laptop af te halen.
4. Connectie met de radar: Hier zit de aansluiten voor de laptop om te communiceren met de radar.



Figuur 4: Rechter zijkant Panasonic CF-D1



Figuur 5: Linker zijkant Panasonic CF-D1

Aan/uit zetten

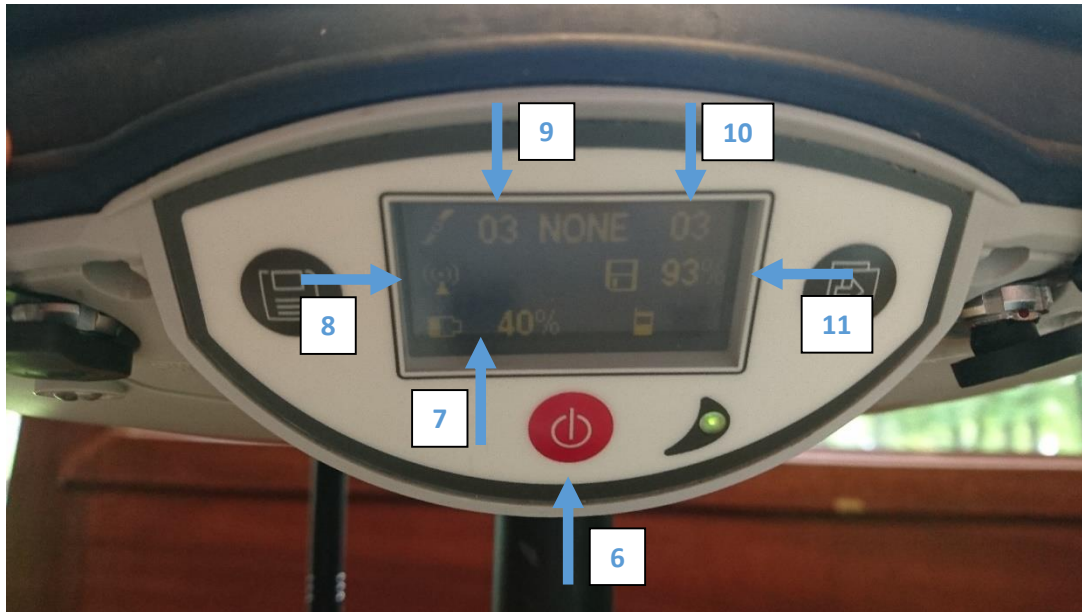
Aanzetten gebeurt via knop bij nummer **5**, uitzetten gebeurt via Windows → Start → Shut down



Figuur 6: Voorkant Panasonic CF-D1

1.2 GPS: Ashtech Promark 800

De GPS is het gedeelte dat zorgt voor locatiebepaling. De Promark 800 is uitgerust met een simkaart voor RTK correctie. Dit zorgt ervoor dat de locatie binnen 5 cm nauwkeurig bepaald kan worden. In Figuur 7 is een weergave van het bedieningsscherm van de Promark 800 en de toelichting.



Figuur 7: Weergave scherm Ashtech Promark 800

6. Aan/uit knop: Druk de knop in en de Promark 800 start zichzelf op. Deze is zo ingesteld dat de gebruiker vervolgens niets meer hoeft in te stellen. Alles gaat automatisch.
7. Batterij status
8. ?
9. Aantal satellieten dat gevonden wordt
10. Aantal satellieten dat gebruikt wordt
11. ?

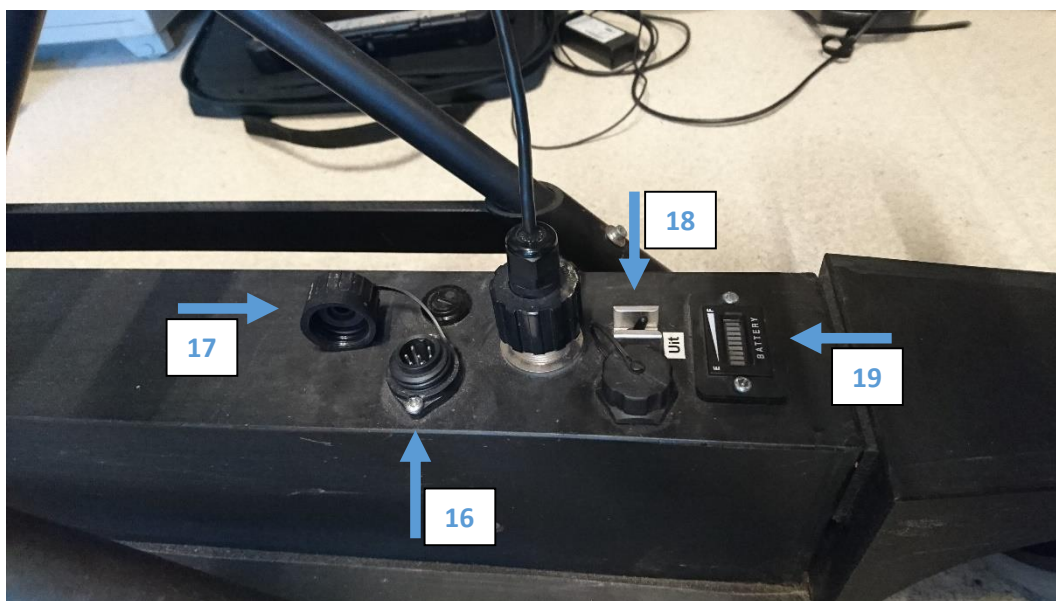


Figuur 8: Onderkant Ashtech Promark 800

12. [Bevestigingspunt van de Promark 800 op de grondradar:](#) De Promark 800 wordt met schroefdraad bevestigd op de grondradar. Belangrijk is dat bij bevestiging doorgedraaid wordt tot het einde van het schroefdraad. Hier is het gps signaal op afgesteld.
13. [Klepje waarachter de batterij zich bevindt](#)
14. [Batterij](#)
15. [Oplaadstation voor de batterij:](#) Plaats de batterij in het oplaadstation en sluit de adapter aan, de batterij zal automatisch opladen

1.3 Radar

De radar is het onderdeel waar de signalen worden uitgezonden en ontvangen. Net als bij de GPS is de enige functionaliteit voor de gebruiker het uit en aanzetten.



Figuur 9: Aansluitingen en bediening radar

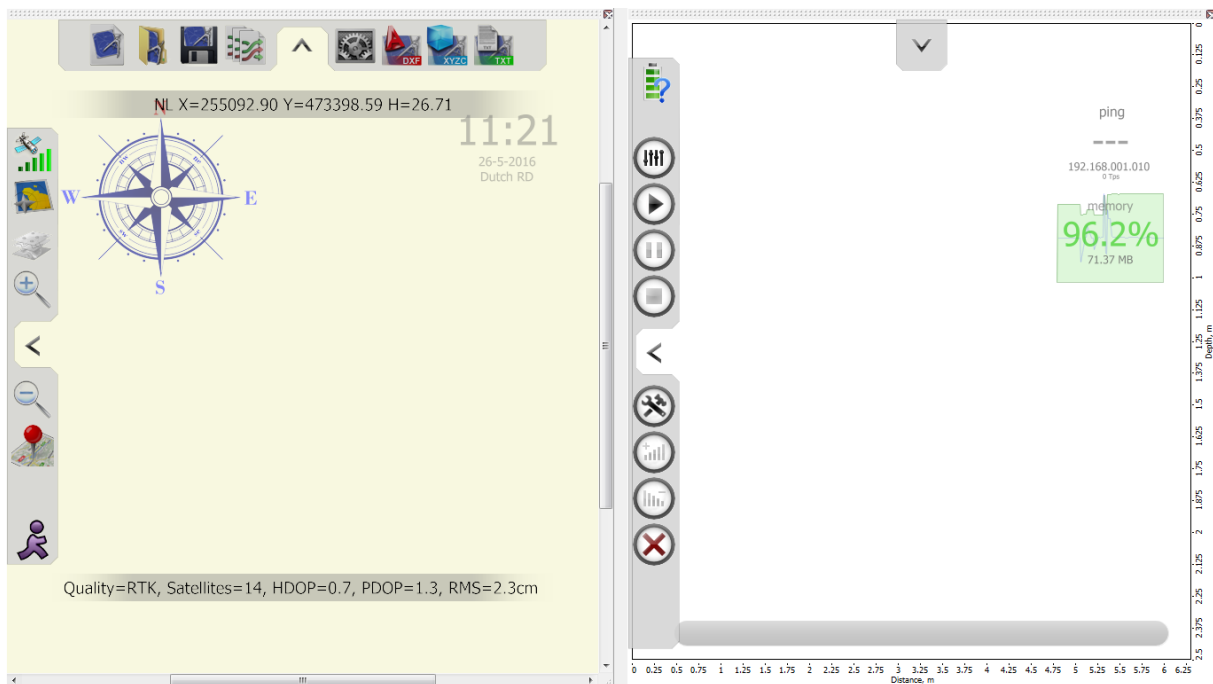
16. [Aansluitpunt oplader](#)
17. [Beschermingsdop oplader:](#) Als de radar niet aan de oplader ligt dient deze dop weer vastgedraaid te worden ter voorkoming van viezigheid in de adapteraansluiting
18. [Aan/uit knop](#)
19. [Batterij status](#)

2. Software

In het vorige hoofdstuk is de hardware waar de grondradar uit bestaat besproken. Dit hoofdstuk zal de software behandelen. Voor het uitvoeren van een meting is het programma Radarmap nodig. Deze staat op de computer van de grondradar.

2.1 Radarmap

Radarmap is de software waarmee de meting uitgevoerd wordt. Het icoontje van Radarmap bevindt zich op het bureaublad, als deze is opgestart komt het scherm tevoorschijn als in Figuur 10. Het scherm is globaal verdeeld in twee velden, links en rechts. Het linker veld is waar de GPS data te zien is, en het rechter veld laat de resultaten van de radar zien.



Figuur 10: Startscherm Radarmap

Menubalk linksboven

De balk linksboven is de menubalk, hiermee worden algemene handelingen uitgevoerd.



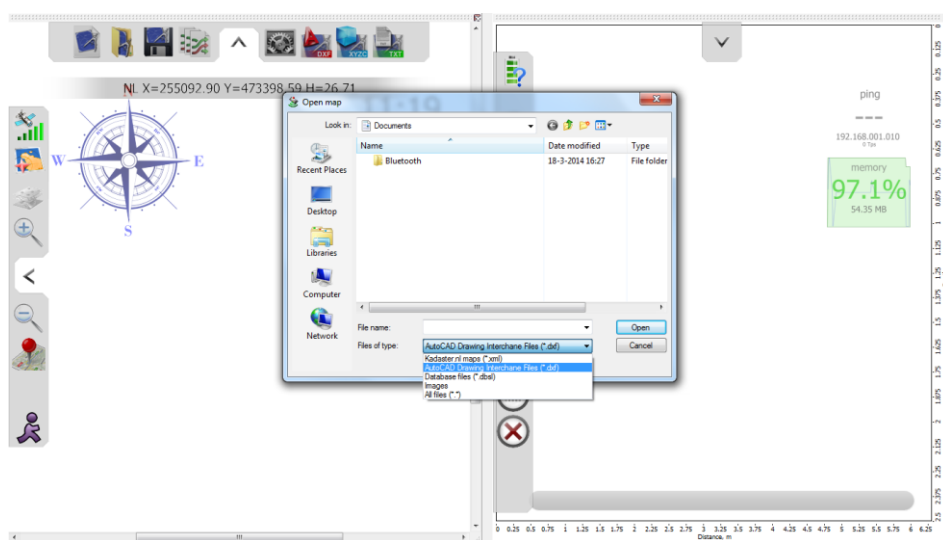
Figuur 11: Menubalk horizontaal linksboven Radarmap

- 20. [Nieuw Bestand](#): Hiermee wordt een nieuw bestand gestart voor een nieuwe meting
- 21. [Open bestand bestand](#): Met deze knop kan een bestand bestand geopend worden. Dit zijn
- 22. [Opslaan huidig bestand](#): Met deze knop kan het huidige bestand opgeslagen worden
- 23. [Instellingen](#): Hiermee wordt het instellingen menu geopend
- 24. [Exporteren als .DXF bestand](#): Met deze knop kunnen de GPS resultaten en markeringen als AutoCAD bestand opgeslagen worden
- 25. [Exporteren als .XYZC bestand](#): Hiermee worden de resultaten geëxporteerd als XYZC bestand
- 26. [Exporteren als .Txt bestand](#): Hiermee worden de resultaten geëxporteerd als tekst bestand

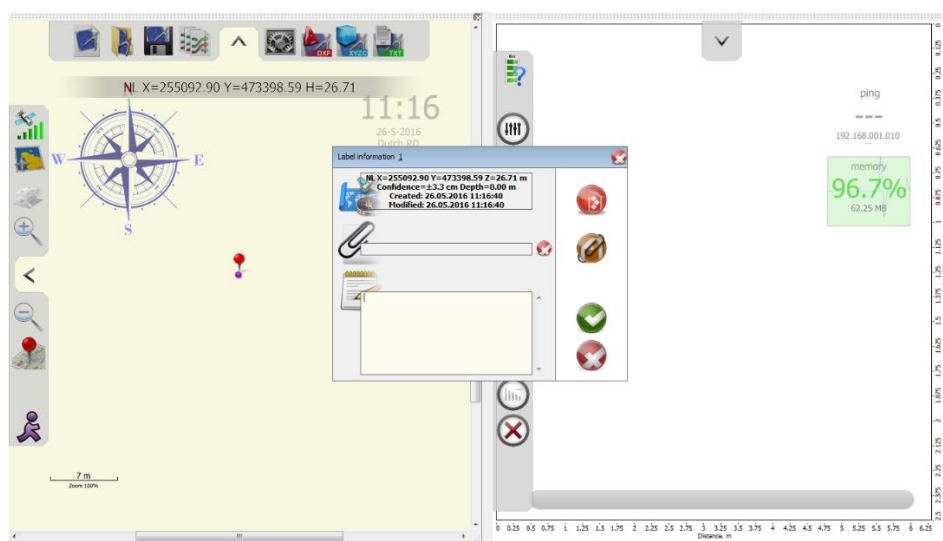
Menubalk verticaal links

De verticale menubalk helemaal links geeft de gebruiker opties betreffende de GPS.

27. Bereik: Is een weergave van hoe goed het signaal van de GPS is
28. Kaart toevoegen: Met dit icoontje kan een kaart met Rijksdriehoekcoördinaten worden toegevoegd als achtergrond, hierdoor kan de gebruiker tijdens de meting duidelijk zien waar hij/zij zich bevindt. Dit kunnen .xml, .dxf en .dbsl bestanden zijn. Zie Figuur 13.
29. Inzoomen op de kaart
30. Uitzoomen op de kaart
31. Huidige coördinaten: Dit geeft een pop-up scherm waarin de huidige coördinaten worden weergegeven met de nauwkeurigheid. De nauwkeurigheid van de z-coördinaat is altijd twee keer zo groot als die van de X,Y coördinaat. Zie Figuur 14.
32. Volgen aan/uit: Deze knop bepaald of het programma het GPS signaal gecentreerd houdt op de kaart, of de kaart stilhoudt en het GPS signaal verplaatst.



Figuur 13: Importeren kaart met Rijksdriehoekcoördinaten in Radarmap



Figuur 14: Weergave venster GPS signaal in Radarmap



Figuur 12: Menubalk verticaal links Radarmap

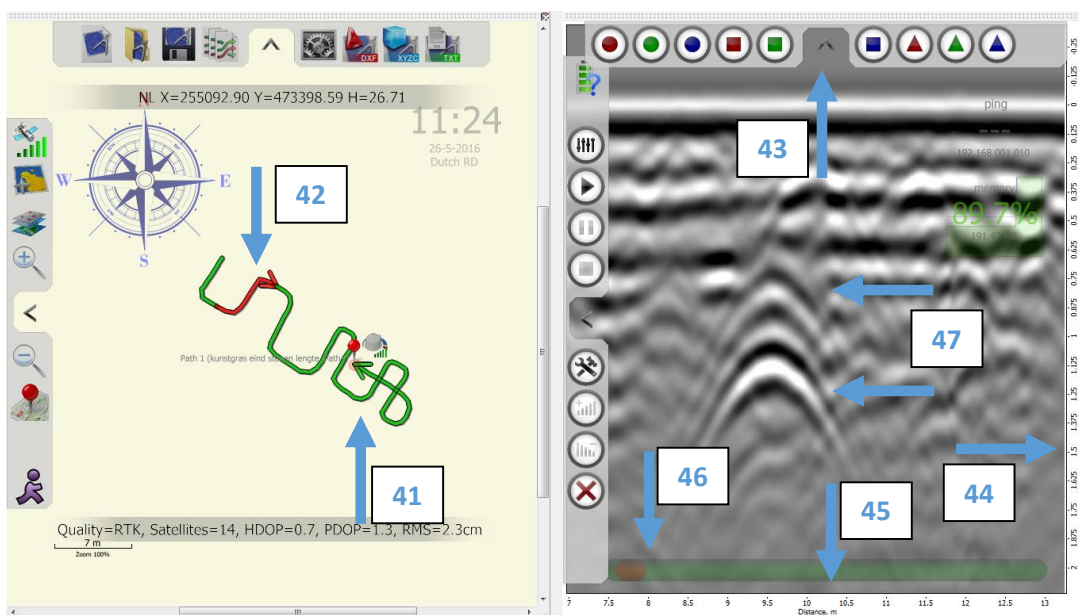
Menubalk verticaal midden

De verticale menubalk in het midden hoort bij het rechter gedeelte van het programma verantwoordelijk voor het weergegeven van de meetresultaten.

- 33. [Batterij status](#)
- 34. [Start meting](#)
- 35. [Pauzeer meting](#)
- 36. [Stop meting](#)
- 37. [Instellingen van de radar](#)
- 38. [?](#)
- 39. [?](#)
- 40. [Radarmap Afsluiten](#)

2.1.1 Meting

Later zal uitgelegd worden welke stappen doorlopen moeten worden voor het uitvoeren van een meting. Dit hoofdstuk zal de software kant van een meting beschouwen. Als er een meting wordt uitgevoerd zijn er een aantal handelingen in Radarmap die nuttig kunnen zijn voor het resultaat. Figuur 16 geeft een voorbeeld van het resultaat van een kleine meting.



Figuur 15:
Menubalk verticaal
midden Radarmap

Figuur 16: Voorbeeld resultaten meting in Radarmap

GPS Venster

Het linker venster laat de GPS data zien, zoals hier te zien is was er geen kaart met Rijksdriehoekcoördinaten geüpload.

- 41. [Looplijn tracker](#): De groene lijn is de lijn die de gebruiker heeft afgelegd tijdens de meting. De locatie van ieder punt van deze lijn is met coördinaten vastgelegd. Door op een punt in de lijn te klikken wordt naar dit punt verplaatst bij de resultaten.
- 42. [Bereik resultatenvenster](#): De rode pijl is het gedeelte van de gemeten resultaten dat op dit moment op het rechter venster wordt weergegeven. Op dit moment is er dus terug gespoeld tot het weergegeven van resultaten aan het begin van de meting.

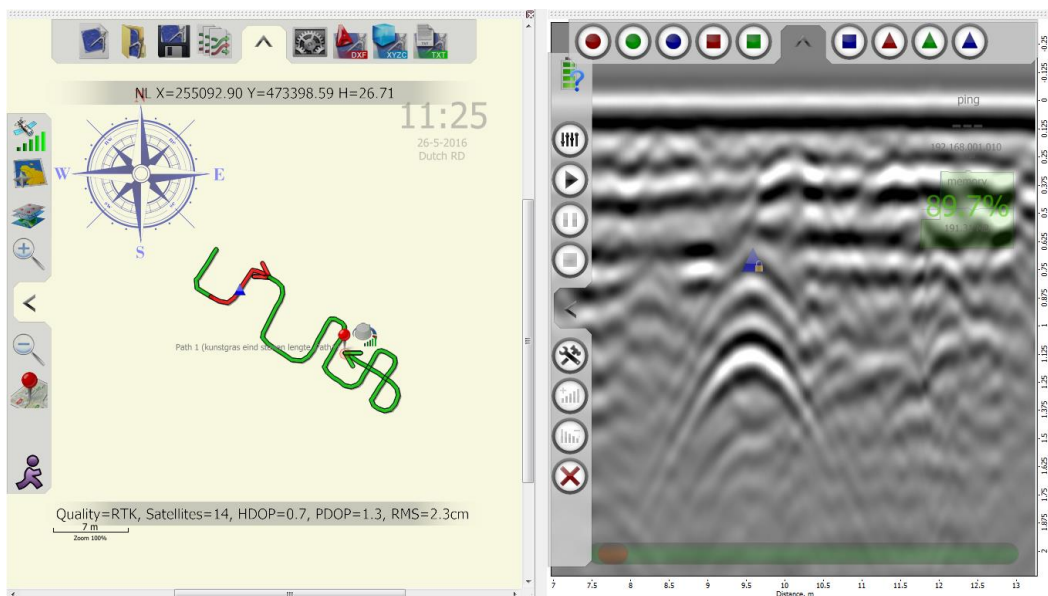
Radar venster

Het rechter venster laat de resultaten zien van wat de radar gemeten heeft. Hierbij zijn ook nog handelingen mogelijk die tijdens of na de meting uitgevoerd kunnen worden.

43. Menubalk markeringen: Deze balk geeft negen icoontjes die gebruikt kunnen worden om resultaten te markeren. Deze kunnen geplaatst worden tijdens en na de meting. Belangrijk voordeel van het plaatsen van een markering tijdens de meting is dat op dat moment de betrouwbaarheid van het signaal in de markering wordt bijgevoegd. Zo kan achter gekeken worden naar de betrouwbaarheid op een bepaald punt.
44. Y-as: Deze geeft de diepte weer. Deze diepte is variabel en hangt af van de Di-elektrische constante behandeld verderop.
45. X-as: Deze geeft de afstand weer.
46. Scrolbalk: Hiermee kan naar voren en naar achter gescrold worden in de resultaten.
47. Reflecties van gemeten kabel of leiding: Deze twee bogen geven een reflectie weer die een kabel of leiding in de grond representeert. Beide reflecties zijn van één en dezelfde entiteit, namelijk de boven en de onderkant. De reflectie van de onderkant is in dit geval een stuk feller dan de bovenkant omdat de buis gevuld is met lucht of water, welke beide een Di-elektrische waarde hebben die voor een feller reflectie zorgt. Voor een nauwkeurige dieptemaat moet de bovenkant van de bovenste reflectie worden aangehouden.

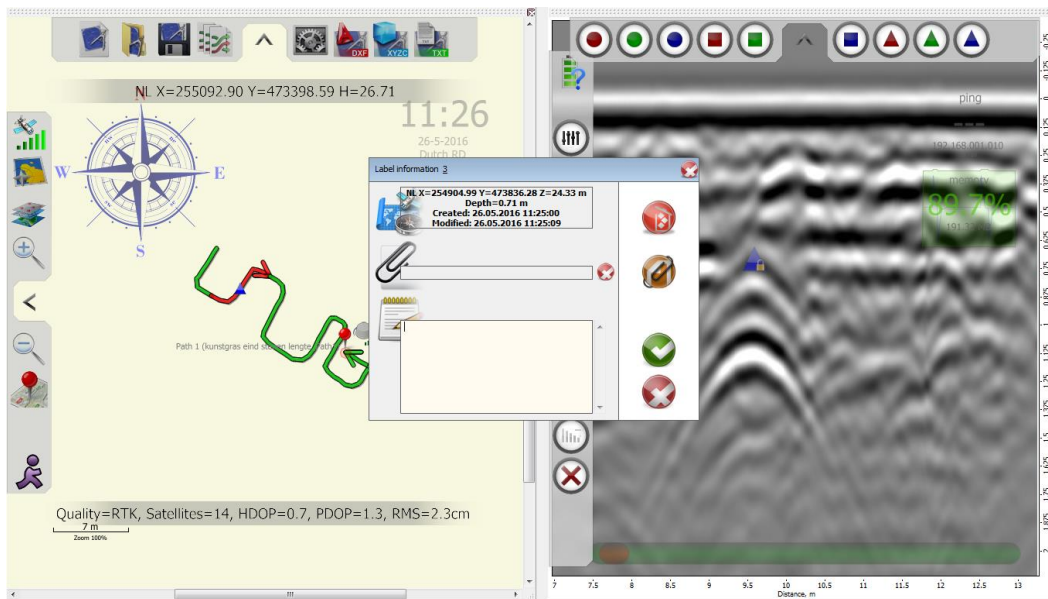
Markering plaatsen

Er kan dus een markering geplaatst worden tijdens en na een meting. Als voorbeeld is een marker geplaatst in Figuur 7 aan de bovenkant van de buis uit het vorige voorbeeld.



Figuur 17: Voorbeeld plaatsen markering in Radarmap

Bij de geplaatste marker staat een slot, dit betekent dat de marker niet verplaatst kan worden. Door dubbel te klikken op de marker verdwijnt het slotje en kan deze verplaatst worden. Wederom dubbel klikken zet de marker weer vast. Voor meer informatie over de precieze eigenschappen wordt met rechtermuisknop een informatie menu geopend als weergegeven in Figuur 18.

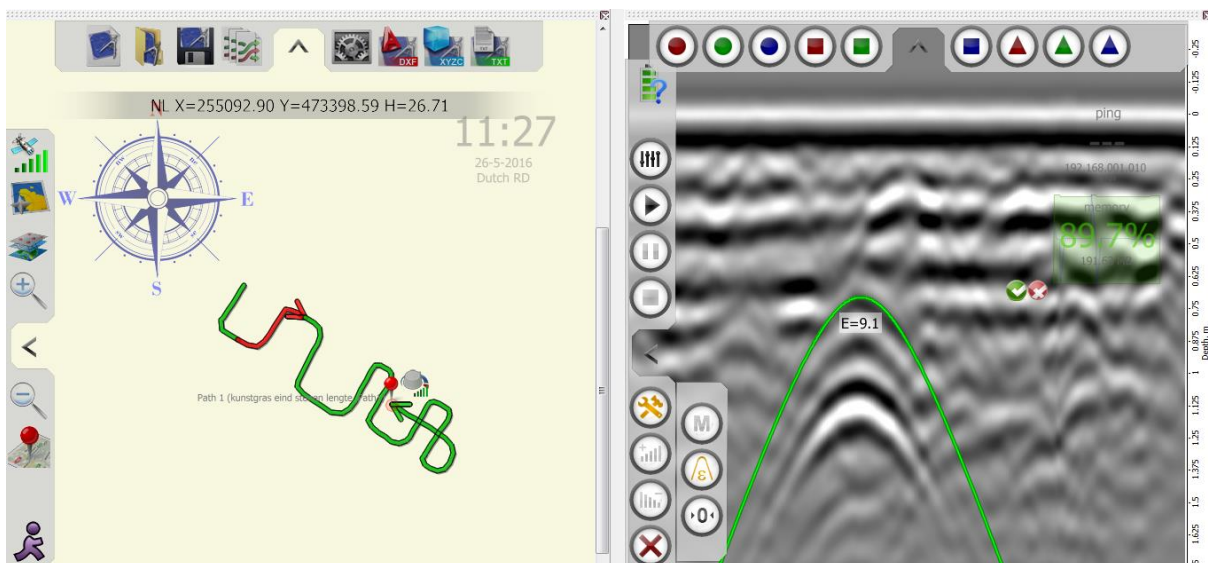


Figuur 18: Voorbeeld informatiescherm van marker in Radarmap

Weergegeven wordt nu de X,Y en Z coördinaten van de marker evenals de diepte onder het maaiveld. De z-coördinaat is in meter NAP. Hier mist de betrouwbaarheid als wel weergegeven in Figuur 14 omdat de marker geplaatst is na de meting.

Di-elektrische waarde

Voor een betrouwbare meting kan de di-elektrische constante aangepast worden aan de meetresultaten. Door bij instellingen de knop voor de di-elektrische waarde in de drukken verschijnt er een groene boog met een getal in het resultaten scherm, als weergegeven in Figuur 19. Sleep de groene boog over een gemeten reflectie en maak deze vervolgens breder of smaller door er binnen of erbuiten te klikken met de muis. Met een verandering van de waarde zal ook de diepte veranderen. Nauwkeurig fitten van de boog is dan ook belangrijk voor betrouwbare resultaten.



Figuur 19: Voorbeeld Di-elektrische waarde in Radarmap

3. Uitvoeren van een meting

Nu bekend is welke componenten er zijn en welke software nodig is voor het uitvoeren van een meting zal de gebruiker door een meting heen geloodst worden. Na dit hoofdstuk zal duidelijk zijn welke handelingen er uitgevoerd moeten worden zal de gebruiker zelfstandig een meting uit kunnen voeren. Gestart wordt met het aansluiten en aanzetten van de apparatuur. Vervolgens zal uitgelegd worden hoe de zogenaamde controle werking uitgevoerd wordt, hiermee wordt gecontroleerd of de grondradar naar behoren functioneert. Als laatste wordt een korte toelichting gegeven over looplijnen in het doelgebied voor een betrouwbare meting.

3.1 Aansluiten en aanzetten

Voor het aansluiten en aanzette zijn moeten de volgende stappen uitgevoerd worden

1. Computer Panasonic CF-D1 vastzetten op het klittenband op de houder, Figuur 20
2. Sluit de antenne aan op de GPS Ashtech Promark 800, Figuur 21
3. Vastdraaien GPS Ashtech Promark 800 op de houder, Figuur 22
4. Aansluiten kabel radar aan Panasonic CF-D1, Figuur 23
5. Zet de Panasonic CF-D1 aan, Figuur 6 Punt 5
6. Zet de Ashtech Promark 800 aan, Figuur 7 Punt 6
7. Zet de radar aan, Figuur 9 punt 18

De Ashtech Promark 800 hoeft niet met een kabel met de computer verbonden te worden. Communiceren gebeurt via bluetooth.



Figuur 20: Vastzetten Panasonic CF-D1 met klittenband op de grondradar



Figuur 21: Onderdelen GPS Ashtech Promark 800 los en in elkaar gezet



Figuur 22: Bevestigingspunt GPS & GPS bevestigd



Figuur 23: Aansluiten kabel radar op Panasonic CF-D1

3.2 Controle werking

Controle werking is ervoor om te zorgen dat de grondradar naar behoren werkt. Deze handeling is in feite een kleine meting en kan voor het verplaatsen naar een locatie worden uitgevoerd om de uitvoerder ervan te verzekeren dat er een werkende grondradar meegenomen wordt. Controle werking bestaat uit de volgende stappen:

1. Zet het systeem aan
2. Controleer de batterijduur van de computer, GPS en radar
3. Start Radarmap op op de computer
4. Controleer of er een GPS signaal gemeten wordt, of er een betrouwbaarheid bijstaat en of deze kleiner is dan ± 5 cm.
5. Druk op start meting
6. Loop vijf meter naar voren
7. Controleer of:
 - a. De GPS de verplaatsing registreert en bijhoudt
 - b. In het resultatenvenster een logisch resultaat wordt weergegeven
8. Sluit Radarmap af, sla de resultaten niet op
9. Zet alle componenten uit

3.3 Looplijnen

Belangrijk van de looplijnen is dat deze het gehele doelgebied moeten bedekken. Voor een goed resultaat is het dan ook het makkelijkst dit systematisch aan te pakken. In Radarmap is te volgen welke lijnen er al gelopen zijn gekoppeld aan de coördinaten als gedemonstreerd in het hoofdstuk Radarmap. Om een accuraat beeld te krijgen zijn er twee aspecten van belang.

1. Het doelgebied moet gemeten worden in twee richtingen die haaks op elkaar staan. Dit houdt in dat er in feite een raster gelopen moet worden. Dit is belangrijk omdat hiermee kabels en leidingen in alle richtingen duidelijk weer gegeven worden.
2. De onderlinge afstand tussen twee opeenvolgende raster- of looplijnen mag maximaal 30 cm zijn. Hiermee wordt het meest betrouwbare resultaat behaald.

Handleiding B:

Proces grondradar meting

Conceptversie 1.0

Peter Schakel

s0203955

Civiele Techniek Bachelor opdracht

Inhoud

Inleiding	3
Fase 1: start	4
Formulier Fase 1: Start	5
Fase 2: Voorbereiding	7
2.1 Formulier	7
2.2 Checklist	8
2.3 Conclusie	8
Formulier Fase 2: Voorbereiding	9
Checklist Fase 2: Voorbereiding	15
Fase 3: uitvoering meting	16
3.1 Voorbereiding meting	16
3.2 Tijdens de meting	16
3.3 Na de meting	16
Checklist Fase 3.1: Voorbereiding meting	18
Checklist Fase 3.2: Uitvoeren meting	19
Checklist Fase 3.3: Na de meting	20
Fase4: Postprocessing en afronding	21
4.1 Postprocessing	21
4.2 Samenvattingsformulier	21
Formulier Fase 4: Samenvatting	23

Inleiding

Het gebruik van grondradar voor het in kaart brengen ondergrondse infrastructuur is een innovatieve techniek die midden in zijn ontwikkeling staat. De potentie van het gebruik van grondradar staat buiten kijf, echter is vooral het gebruik van de grondradar in het veld en de handelingen eromheen nog een willekeurig proces. De meeste gebruikers de grondradar naar eigen inzicht en ervaring. Om een eenduidig proces te creëren voor het gebruik van de Infraradar van GT Frontline voor zijn gebruikers is deze handleiding opgesteld. Deze handleiding is opgedeeld in twee onderdelen. Deze handleiding is deel B, welke het proces van een meting met de grondradar behandelt. Begonnen wordt met het proces van de grondradar meting zelf. Welke fases zijn onderkend, en wat moet er per fase uitgevoerd dan wel opgeschreven worden om tot een compleet resultaat te komen. De combinatie van deze twee onderdelen zorgt ervoor dat een gebruiker van de grondradar zonder voorkennis met deze handleiding het gehele traject met goed gevolg af kan leggen en een bruikbaar resultaat neer kan zetten.

Fase 1: start

Fase nul is het startpunt van het gehele proces. Hierin worden de basis gelegd van de uit te voeren meting. Onderdeel van deze fase is het vaststellen wie de deelnemende partijen zijn, wat de probleem- en doelstelling is en welke planning er in het project gehandhaafd moet worden. Hieronder per onderdeel een korte toelichting

Opdrachtgever

Het vastleggen van wie de opdrachtgever is, voor juridische en communicatieve doeleinden.

Opdrachtnemer

Het vastleggen van wie de opdrachtnemer is, voor juridische en communicatieve doeleinden.

Probleemomschrijving

Hier wordt een omschrijving gegeven van het op te lossen probleem. Behandel hierin:

- Wat is het probleem?
- Waarom is het een probleem?
- Wat hoort wel bij het op te lossen probleem en wat niet

Doelstelling

Bij de doelstelling wordt op concrete wijze het doel van de meting neergezet, aspecten die tenminste behandeld worden zijn:

- Doelstelling van de meting? Dit kan zijn:
 - Controle voor grondroering
 - In kaart brengen onzekere maatvoering bekende kabels en leidingen
 - Toevoegen z-coördinaat aan bestaande kabels en leidingen
 - In kaart brengen van gebieden waarvan niet bekend is of en zo ja wat er ligt
- Output: Welke output is gewenst?
 - Welk type output? Bijvoorbeeld:
 - .DXF AutoCAD bestand
 - .IFC BIM output
 - Met of zonder Rijksdriehoekcoördinaten?

Locatie

Dit is een initiële globale afbakening van het te meten doelgebied. Er hoeven hier nog geen precieze grenzen aangegeven worden. Wel belangrijk is dat de opdrachtnemer een duidelijke inschatting kan maken welk gebied ongeveer gemeten moet worden. De exacte grenzen zullen gespecificeerd worden in de voorbereiding.

Planning

Het onderdeel planning zal behandelen wanneer welke onderdelen van het proces worden uitgevoerd. Allereerst zal de datum van het invullen van het startformulier geregistreerd worden. Vervolgens wordt de datum en tijd waarop de meting uitgevoerd wordt vastgesteld. Hiermee kan dan in de voorbereiding rekening gehouden worden bij het inplannen van veiligheidsmaatregelen of het identificeren van datum gebonden risico's. Ook de beschikbare tijd voor nabewerking van de meetresultaten wordt vastgesteld, en de oplever deadline. Hiermee krijgt de uitvoerder een duidelijk overzicht van de planning van het proces.

Formulier Fase 1: Start

1. Opdrachtgever

Bedrijfsnaam Straat Postcode Plaats Contactpersoon Telefoon Email	
--	--

2. Opdrachtnemer

Bedrijfsnaam Straat Postcode Plaats Contactpersoon Telefoon Email	
--	--

3. Probleemomschrijving

--

4. Doelstelling

--

5. Locatie

Straat Postcode Plaats Woordelijke omschrijving	
--	--

6. Planning

Huidige datum	Klik hier als u een datum wilt invoeren.
Datum meting	van: Klik hier als u een datum wilt invoeren. tot: Klik hier als u een datum wilt invoeren.
Tijd start meting	van: tot:
Datum Nabewerking	van: Klik hier als u een datum wilt invoeren. tot: Klik hier als u een datum wilt invoeren.
Datum oplevering	Klik hier als u een datum wilt invoeren.

Fase 2: Voorbereiding

Dit is de voorbereidingsfase. Hierin worden de vragen waar, wie zijn de beheerders, bestaande kabels en leidingen en waar wordt mee gemeten uitgewerkt. Doel van deze fase is een concreet beeld te krijgen van de situatie van het in kaart te brengen doelgebied. Als deze fase is afgerond en het formulier afgerond is dient deze beschikbaar gesteld te worden aan de uitvoerende partij. Na de toelichting van het Formulier zal ook de checklist behandeld worden.

2.1 Formulier

Het voorbereidingsformulier is om alle relevante informatie betreffende de meting vast te leggen. Dit zorgt ervoor dat de persoon die de meting uitvoert niet snel voor onverwachte situaties komt te staan in het veld.

Locatie

Hier wordt een duidelijk afbakening van het te meten doelgebied gegeven. Dit kan door middel van een google maps afbeelding met daarin getekend de grenzen van het doelgebied. De uitvoerder van de meting moet in het veld kunnen herkennen wat de grenzen zijn.

Beheerder doelgebied

Mocht het te meten doelgebied niet in het beheer zijn van de opdrachtgever of de opdrachtnemer dan dient deze erkent te worden en benaderd voor toestemming van het uitvoeren van de meting. Deze toestemming dient schriftelijk bevestigd te worden. Een kopie van deze toestemming wordt bijgevoegd in het voorbereidingsformulier onder Bijlage A. De uitvoerder van de meting heeft hiermee bewijs van toestemming van de meting op locatie.

Gebruikte (openbare) infrastructuur in doelgebied

Als de meting zich plaatsvindt op plekken waar op dat moment verkeer kan langskomen, dient hier rekening mee gehouden te worden voor de veiligheid van de personen die de meting uitvoeren en de weggebruikers. Delen van de weg, of de gehele weg zal moeten worden afgezet.

Er zijn hierbij twee mogelijkheden, de opdrachtgever is een organisatie die zelf voorschriften heeft voor hoe te handelen in dit soort situaties, of deze moeten door de opdrachtnemer opgesteld worden. In het eerste geval werkt de opdrachtnemer deze uit volgens de voorschriften van de opdracht gevende organisatie, in het tweede geval werkt de opdrachtnemer zelf veiligheidsmaatregelen uit volgens de richtlijnen hiervoor opgesteld door het CROW¹. Naast het schriftelijk uitwerken van de veiligheidsmaatregelen moet hier ook fysiek de voorbereidingen getroffen worden met het verzamelen dan wel bestellen van de benodigde middelen om de uitgewerkte maatregelen uit te kunnen voeren. Deze uitgewerkte veiligheidsmaatregelen dienen bijgevoegd te worden in Bijlage B.

Archiefonderzoek naar bestaande ondergrondse objecten

Een archiefonderzoek moet uitwijzen naar bestaande ondergrondse objecten in het doelgebied. Hierbij wordt onderscheid gemaakt in twee categorieën: (1) de ondergrondse objecten behoren tot de ondergrondse infrastructuur, (2) de ondergrondse objecten behoren niet tot de ondergrondse infrastructuur. Belangrijk is hier onderscheid in te maken omdat groep één meegenomen moet worden in het resultaat en groep twee niet.

1. Kabels en Leidingen: Na het vinden van kaarten in een archief onderzoek zijn er twee mogelijkheden, de kaart is beschikbaar met Rijksdriehoekcoördinaten of zonder. AutoCAD kaarten met Rijksdriehoek

¹ CROW Publicatieserie Werk in Uitvoering 96a/b, Artikelnummer: PPWIU4_1

coördinaten kunnen geüpload worden in de computer van de GPR (zie Tutorial Grondradar) voor het grootste gebruikersgemak. Naast het uploaden van de kaart in de GPR computer dient de kaart ook bijgevoegd te worden in Bijlage C. Als er geen kaart met Rijksdriehoekcoördinaten beschikbaar is zal alleen een kaart in Bijlage C bijgevoegd worden.

Van de gevonden kabels en leidingen dient de beheerder genoteerd te worden. Deze informatie moet ook verwerkt worden in het resultaat voor een zo compleet mogelijk beeld van de situatie.

Ook is het mogelijk dat er geen kaarten zijn gevonden maar dat er op basis van mondeling overgebrachte kennis of andere documenten wel het vermoeden is dat er kabels en leidingen liggen. Om deze te inventariseren en de informatie over te dragen aan de uitvoerder dienen deze verwachte kabels en leidingen beschreven te worden in Tabel 1.

2. Overige ondergrondse objecten: Behalve kabels en leidingen kunnen er ook andere ondergrondse objecten aanwezig zijn, zoals bijvoorbeeld funderingen. Deze objecten kunnen echter wel voor verwarring zorgen bij de meting en interpretatie, een zo compleet mogelijk overzicht is dan ook van belang en dient te worden ingevuld in Tabel 2.

Grondradar

Hier wordt het type- en serienummer van de gebruikte grondradar ingevuld, voor administratieve doeleinden. Hiermee kan bijvoorbeeld als een bepaalde grondradar achteraf corrupte data verzameld gekeken worden welke metingen al met deze radar zijn uitgevoerd.

2.2 Checklist

De checklist is de lijst met handelingen die uitgevoerd moet worden in deze fase. In de voorbereiden zijn de handelingen gericht op het controleren en voorbereiden van de grondradar voor de meting in het veld. Allereerst moeten alle elektrische componenten van de grondradar opgeladen worden. De batterij duur van sommige onderdelen is beperkt en voor een meting dienen deze dus geheel vol te zijn. Belangrijk aandachtspunt is dat de batterij van de radar zelfs wanneer deze uit staat leegloopt, en de batterij dus aan de lader dient te liggen tot zo kort mogelijk voor de meting.

De werkwijze voor controle werking staat uitgelegd in de Grondradar Tutorial. Deze uitvoeren in de voorbereiding zorgt ervoor dat als er gebreken aan de Grondradar blijken te zijn er nog genoeg tijd is om hier op in te spelen.

Al het materiaal dat verzameld wordt voor het uitvoeren van de meting dient verzameld te worden op een locatie bekend bij de uitvoerende partij.

2.3 Conclusie

Belangrijk is dat aan het eind van deze fase de uitvoerende partij aan de hand van dit formulier en getroffen regelingen de meting kan uitvoeren zonder hierbij middelen te missen voor bijvoorbeeld veiligheidsmaatregelen en markeringen.

Formulier Fase 2: Voorbereiding

1. Locatie

Plaats hieronder een google maps afbeelding met duidelijke afbakening van het te meten doelgebied

2. Beheerder doelgebied

Naam eigenaar/bedrijf Straat Postcode Plaats Contactpersoon Telefoon Email	
---	--

2.1 Indien de beheerder van het doelgebied niet de opdrachtgever of opdrachtnemer is, dient schriftelijk toestemming voor de meting aangevraagd te worden. Kopie van de toestemming bijvoegen in Bijlage A

3. Is er in het doelgebied (openbare) infrastructuur die tijdens de meting gebruikt wordt?

☐ Ja

☐ Nee, ga door naar punt 6

4. Heeft de opdrachtgever vastgestelde veiligheidsprocedures voor het afzetten van (openbare) infrastructuur?

☐ Ja, ga door naar punt 4.1

☐ Nee, ga door naar punt 4.2

4.1 Werk de veiligheidsmaatregelen uit volgens de veiligheidsprocedures van de opdrachtgever en voeg deze bij in Bijlage B

4.2 Werk de veiligheidsmaatregelen uit volgens CROW richtlijnen voor werk in uitvoering en stel voeg deze bij in Bijlage B

5. Archief onderzoek naar ondergrondse objecten in doelgebied

5.1 Is er bestaande ondergrondse infrastructuur in het doelgebied in het archief aangetroffen?

- ☐ Ja, digitaal beschikbaar met Rijksdriehoek coördinaten. Voer 5.2 & 5.3 uit
- ☐ Ja, digitaal beschikbaar zonder coördinaten. Voer 5.3 uit
- ☐ Nee, maar deze wordt wel verwacht aanwezig te zijn. Ga door naar 5.4
- ☐ Nee, en deze wordt ook niet verwacht aanwezig te zijn. Ga door naar 5.6

5.2 Upload de digitale kaart met Rijksdriehoek coördinaten op de GPR computer

5.3 Print de kaart uit en voeg deze bij in Bijlage C

5.4 Geef een lijst van verwachte kabels en leidingen in het gebied, met waar mogelijk een inschatting van de locatie

	Type Kabel of leiding	Geschatte locatie
1		
2		
3		

Tabel 1: Lijst verwachte kabels en leidingen met geschatte locatie

5.5 Eigenaar bestaande ondergrondse infrastructuur (meerdere mogelijk)

Naam eigenaar/bedrijf Straat Postcode Plaats Contactpersoon Telefoon Email Eigenaar van welke OI?	
--	--

Naam eigenaar/bedrijf Straat Postcode Plaats Contactpersoon Telefoon Email Eigenaar van welke OI?	
--	--

Naam eigenaar/bedrijf Straat Postcode Plaats Contactpersoon Telefoon Email Eigenaar van welke OI?	
--	--

5.6 Worden er nog andere ondergrondse objecten verwacht?

☐ Nee

☐ Ja, en deze zijn beschikbaar op kaart

☐ Ja, worden verwacht maar staan niet op de kaart, vul Tabel 2 in

	Soort object	Geschatte locatie
1		
2		
3		

Tabel 2: Lijst verwachte ondergrondse objecten met geschatte locatie

6. Grondradar

Type Serienummer	
-----------------------------------	--

Bijlage A: Toestemming beheerder doelgebied

Bijlage B: Veiligheidsmaatregelen

Bijlage C: Kaart bestaande Kabels en Leidingen

Checklist Fase 2: Voorbereiding

1. Grondradar

1.1 op te laden elektrische componenten

- Computer (Panasonic CF-D1)
- GPS (Ashtech Promark 800)
- Radar

1.2 Controle werking

2. Verzamel uitgeprinte kaarten van

- *Bestaande ondergrondse infrastructuur*
- *Verwachte overige ondergrondse objecten*

3. Verzamel al het benodigde materiaal voor de veiligheidsmaatregelen en stel deze beschikbaar voor de uitvoerende partij.

4. Verzamel al het benodigde materiaal voor het markeren van kabels en leidingen in het veld. Stel deze beschikbaar voor de uitvoerende partij

Fase 3: uitvoering meting

Deze fase is het daadwerkelijk uitvoeren van de meting. Dit is weer opgedeeld in drie verschillende fases respectievelijk: voorbereiding meting, uitvoeren meting en afronden meting. In de eerste fase zal de uitvoerder zich inlezen op de details van de meting. Vervolgens zal de meting uitgevoerd worden en als laatste zal er een stuk afronding plaatsvinden.

3.1 Voorbereiding meting

De uitgebreide voorbereiding heeft al plaatsgevonden, deze voorbereiding is bedoeld om (1) voor vertrek de uitvoerder mits nog niet bekend met de locatie te informeren en de spullen te verzamelen die op locatie nodig zijn en (2) voorbereidingen te treffen voor de meting op de locatie zelf.

Als de meting wordt uitgevoerd door een persoon die niet zelf de voorbereiding heeft uitgevoerd kan deze zich inlezen met het ingevulde voorbereidingsformulier en bijlagen. Hierin staat alle relevante informatie die nodig is om de meting tot een succes te maken.

Op locatie dient het doelgebied verkent te worden. In het veld kan een plek voor omstandigheden zorgen die vanaf een kaart of geheugen in eerste instantie niet waren opgemerkt. Hierbij wordt gekeken naar risico's voor de veiligheid die niet zijn uitgewerkt in de voorbereiding en locatiebeperkingen waar van tevoren geen rekening mee gehouden zijn. Voorbeeld van dit laatste kan zijn hoog gras dat de werking van de GPR belemmert, of diepe plassen als gevolg van regenval. Het kan handig zijn voor een later tijdstip om foto's van het doelgebied te hebben, en moeten dan ook gemaakt worden voor de meting plaatsvindt.

Mocht er al wel bekend zijn waar bepaalde kabels en leidingen in het veld liggen, maar deze niet beschikbaar zijn als autocad bestand met Rijksdriehoekcoördinaten in de grondradar computer is het handig deze voor de meting al te markeren.

3.2 Tijdens de meting

De meting zelf is een proces met relatief weinig handelingen. Belangrijk zijn de looplijnen om tot een nauwkeurig en dekkend resultaat te komen. Hoe te lopen tijdens een meting wordt behandeld in de Grondradar Tutorial.

Wat wel kan zorgen voor handelingen tijdens de meting is wanneer de meting is ter controle voor een grondroering. In dit geval zal er geen post-processing van de resultaten plaatsvinden en is het voor de grondroerders van belang in het veld te weten waar de gedetecteerde kabels en leidingen liggen. Deze dienen dus ter plekke gemarkeerd te worden, hierbij is belangrijk dat de markeringen een zo volledig mogelijk beeld geven van de kabels en leidingen om de kans op graafschade te minimaliseren.

Als laatste moeten de resultaten opgeslagen worden.

3.3 Na de meting

Locatie

Als de resultaten zijn verzameld is het nog zaak de locatie, mits mogelijk, weer op te ruimen en in originele staat achter te laten. Zaken die opgeruimd moeten worden zijn bijvoorbeeld tijdelijke markeringen ten behoeve van de veiligheid zoals geplaatste pionnen. Mochten er markeringen geplaatst zijn die op een later tijdstip nog nodig zijn, als het geval is bij een meting ter controle voor

grondroering op dag 1 en de uitvoering van de grondroering op dag 2, dan dienen deze dusdanig te zijn aangebracht dat ze betrouwbaar blijven zitten en geen gevaar voor de veiligheid opleveren.

Grondradar

De grondradar kan vies worden tijdens de meting en moet gelijk na de meting schoongemaakt worden. In de meeste gevallen is afnemen met een doek voldoende. Uitzondering hierop is wanneer de meting is uitgevoerd in een gebied waar agressiever vuil is, zoals bijvoorbeeld in een riool. Na metingen in deze omgevingen dient de grondradar grondig schoongemaakt te worden om de grondradar te beschermen tegen bijtende bestanddelen van het vuil die voor beschadigingen kunnen zorgen.

Resultaten

Als de meting is afgerond kunnen de resultaten geëxporteerd worden in het formaat vastgesteld bij het startformulier. Deze dienen verstrekt te worden aan de partij verantwoordelijk voor verwerking.

Checklist Fase 3.1: Voorbereiding meting

Voor vertrek

1. Voorbereiding

1.1 Verkrijg en bestudeer het voorbereidingsformulier

1.2 Verzamel al het beschikbaar gestelde materiaal en middelen voor het uitvoeren van de meting

2. Grondradar

2.1 Controle werking

Op locatie

3. Locatie

3.1 Locatie inspecteren op, en handelen naar

- *Niet geïnventariseerde risico's*
- *Niet eerder opgemerkte locatiebeperkingen*

3.2 Maak foto's van het te meten doelgebied

3.3 Markeer van tevoren meetbare Kabels en Leidingen

Checklist Fase 3.2: Uitvoeren meting

1. *Looplijnen dienen te worden gelopen volgens de richtlijnen die in de Grondradar Tutorial staan*

Indien een meting zonder post-processing wordt uitgevoerd, dienen de volgende de volgende stappen ook doorlopen te worden

2. *Gemeten resultaten dienen geregistreerd te worden volgens de volgende richtlijnen:*

- *Als de markering met een offset geplaatst wordt zal de offset bij de markering aangegeven worden*
- *De functie van de K&L, mits bekend, zal aangegeven worden meteen letter of kleurcode*
- *Dieptematen zullen bij de markering aangegeven worden*
- *Markeringen zullen niet bestaan uit entiteiten die de K&L kunnen beschadigen*
- *Markeringen zullen de richting van de K&L aangeven*
- *Markeringen zullen een verandering van richting van de K&L aangeven*
- *Gemeten ondergrondse objecten anders dan K&L zullen apart gemarkeerd worden*

3. *Sla de meetresultaten op*

Checklist Fase 3.3: Na de meting

1. Locatie

1.1 De locatie dient opgeruimd te worden en in dezelfde staat als deze is aangetroffen achter gelaten te worden

1.2 Geplaatste markeringen die nodig zijn op de locatie op een later tijdstip dienen geen hinder te veroorzaken voor dagelijks gebruik van het doelgebied

2. Grondradar

2.1 Als de grondradar vies is geworden tijdens de meting dient deze

2.1.1 Afgenomen te worden bij normaal viezigheid zoals modder

2.1.2 Grondig schoongemaakt te worden bij gebruik in omgeving met agressiever vuil als bijvoorbeeld in een riool

3. Resultaten

3.1 Resultaten dienen opgeslagen te worden in het format aangegeven in het startformulier

3.2 Resultaten dienen ingeleverd te worden bij de partij verantwoordelijk voor nabewerking

Fase4: Postprocessing en afronding

4.1 Postprocessing

Tijdens dit proces worden de gemeten radar beelden omgezet in bruikbaar materiaal. Er zijn hierbij twee varianten mogelijk. Het door GT Frontline laten uitvoeren van het na bewerken of zelf de nabewerking uitvoeren. Voor meer complexere situaties waarbij hoge nauwkeurigheid vereist is, kan de nabewerking het beste overgelaten worden aan GT Frontline met meer kennis en toegang tot de benodigde software. Bij gebieden met simpelere ondergrondse infrastructuur kunnen de resultaten ook door de gebruiker zelf uitgewerkt worden in AutoCAD.

Postprocessing uitbesteden

Zoals aangegeven voor complexere situaties is de beste keuze om GT Frontline de resultaten te laten interpreteren. Zij beschikken hiervoor ook tot toegang tot het programma PRISM 2 welke nauwkeurig en snel een 3D overzicht kan creëren van de gemeten radarbeelden op basis van interpolatie. Naast toegang tot uitgebreide software bezitten zij ook een stuk meer kennis en ervaring op het gebied van resultaten interpretatie, wat zeker voor complexere situaties veel voordelen op kan leveren.

In house post-processing

Voor eenvoudigere situaties is het mogelijk zelf de nabewerking uit te voeren. In de Grondradar Tutorial staat uitgelegd hoe in Radarmap punten gemarkeerd kunnen worden in de resultaten, en hoe resultaten geëxporteerd kunnen worden als AutoCAD bestand.

Open dit bestand vervolgens met AutoCAD. als deze geopend is verschijnt er een overzicht met de door de GPS gemeten looproute en alle markeringen die in Radarmap zijn geplaatst. De route en markeringen zijn allemaal gelinkt aan Rijksdriehoekcoördinaten inclusief Z-coördinaat.

Wat rest voor nabewerking is de markeringen te verbinden in AutoCAD tot een kabel of leiding. Hierbij is het belangrijk alleen markeringen met elkaar verbinden die beide bij dezelfde kabel of leiding horen. Dit kan het makkelijkst op twee manieren

1. Maak gebruik van verschillende soorten markeringen in Radarmap. Mocht er bijvoorbeeld een water- en gasleiding naast elkaar liggen, geef dan beide met een aparte (kleur) markering aan dat het in AutoCAD duidelijk is welke markering bij welke leiding hoort
2. Markeer de aparte kabels of leidingen in aparte .DXF bestanden en voeg deze als verschillende layers in in AutoCAD. Hierdoor kan getekend worden met alleen de layer van één leiding aan waardoor misverstanden voorkomen worden.

4.2 Samenvattingsformulier

Dit formulier heeft als doel een complete indruk te geven van de gehele meting. Als een meting is uitgevoerd en er zijn op een later tijdstip vragen over de meting dan is alle kerninformatie over de meting in dit bestand te vinden.

Stap een tot en met vier kan uit eerdere documentatie gehaald worden en is om alle kerninformatie in één bestand samen te vatten. Stap vijf geeft informatie over de betrouwbaarheid van de meting. Als er bepaalde beperkingen waren op de locatie die van invloed kunnen zijn dienen deze geregistreerd te worden. Punt zes en zeven zijn er om een compleet beeld van de situatie en bodem te geven. Niet geregistreerde maar wel verwachte kabels en leidingen staan niet in het resultaat en dien en dus apart benoemd te worden. Een lijst van overige ondergrondse objecten is belangrijk voor toekomstige grondroeringen in het gebied.

Als laatste worden er AutoCAD tekeningen bijgevoegd in Bijlage A. Hiermee kan iemand die het samenvattingsformulier doorneemt het resultaat zien zonder dat deze toegang hoeft te hebben tot het specifieke AutoCAD bestand.

Formulier Fase 4: Samenvatting

1. Probleemomschrijving

2. Doelstelling

3. Locatie

Plaats hieronder een google maps afbeelding met duidelijke afbakening van het te meten doelgebied

4. Grondradar

Type	
Serienummer	

5. Lijst van tegen gekomen locatiebeperkingen

	Omschrijving van de beperking	Gevolgen van beperking op de meting
1		
2		
3		

6. Lijst van verwachte kabels en leidingen die niet gedetecteerd zijn

	Type kabel of leiding	Verwachte locatie
1		
2		
3		

7. Lijst van gedetecteerde ondergrondse objecten anders dan kabels en leidingen

	Omschrijving van object	Locatie van object
1		
2		
3		

Bijlage A: Resultaat grondradar meting