

KWR 2017.006 | Januari 2017

Naar een 3D Leiding Informatie Systeem (LIS)

Naar een 3D Leiding Informatie Systeem (LIS)

KWR 2017.006 | Januari 2017

Opdrachtnummer

401386/008

Projectmanager

ir. A. (Andreas) Moerman

Opdrachtgever

DPWE stuurgroep

Kwaliteitsborger(s)

dr. ir. E.J.M. (Mirjam) Blokker

Auteur(s)

drs. B.W. (Bernard) Raterman

Verzonden aan

DPWE stuurgroep

Jaar van publicatie
2017

Meer informatie

drs. B.W. (Bernard) Raterman
T +31 (0)30 6069 541
E bernard.raterman@kwrwater.nl

PO Box 1072
3430 BB Nieuwegein
The Netherlands

T +31 (0)30 60 69 511
F +31 (0)30 60 61 165
E info@kwrwater.nl
I www.kwrwater.nl



KWR 2017.006 | Januari 2017 © KWR

Alle rechten voorbehouden.
Niets uit deze uitgave mag worden vervoelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen, of enig andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever.

DPWE Managementsamenvatting

Inzicht in en visie op 3D-leidinginformatie in LIS – 2,5 D is voorlopig genoeg

Auteur(s) drs. B.W. (Bernard) Raterman

Onderzocht is welke mogelijkheden er zijn om te komen tot een 3D Leiding Informatie Systeem (LIS), waarin ook de diepteligging (z-coördinaat) wordt vastgelegd. Hoewel niet wettelijk verplicht, neemt de vraag naar vastleggen van diepteligging toe. Dit kan waterbedrijven voordelen bieden, waaronder meer inzicht en nieuwe kennisregels voor asset management of het beperken van graafschade. Er is een up-to-date overzicht gemaakt van onder meer beschikbare technieken en werkprocessen, op basis van een deskstudy en overleg met betrokkenen binnen en buiten de waterbedrijven. Er is een gezamenlijke visie opgesteld waarin een geleidelijke overgang naar 3 D-registratie wordt voorgesteld, een 2,5 D-LIS.



Detectie van leidingen met grondradar vereist deskundigheid en ervaring

Belang: vastleggen z-coördinaat in LIS kan waardevolle toevoeging zijn voor intern en extern gebruik

De DPWE-bedrijven registreren de ligging van hun leidingnetten momenteel in twee dimensies: de x- en de y-coördinaat zijn binnen een bepaalde nauwkeurigheid bekend, maar de z-coördinaat voor de liggingsdiepte wordt niet standaard opgenomen. Ook ontbreken vaak gegevens over het type verbinding. Uitbreiden van het leidinginformatiesysteem LIS met z-coördinaat en verbindingstype kan het beheer van het leidingnet efficiënter maken en bijdragen aan minder schade door derden (door duidelijkere gegevens voor KLIC-meldingen), betere vindbaarheid van leidingen, waardevolle toevoeging aan analyses waar diepte relevant is, zowel ten dienste van asset management

als waterkwaliteit (temperatuur), en tot uitbouwen van de kennisregels over falen van leidingen met dieptegegevens. Vastleggen van de diepte is (nog) niet wettelijk verplicht, maar wordt wel steeds meer gestimuleerd in het kader van het Europese stimuleringsprogramma INSPIRE. De overheid promoot 3D info databestanden en tools in het kader van de Omgevingswet (2019). KWR heeft voor de DPWE-bedrijven verkend welke beschikbare methodieken er zijn om de z-coördinaat te bepalen en in LIS vast te leggen.

Aanpak: deskstudy, gespreksronde met bedrijven en externe partijen

Er is een deskstudy uitgevoerd naar bestaande onderzoeksresultaten, aangevuld met nieuwe inzichten uit gesprekken met leden van de

projectgroep. De leden van de projectgroep en enkele collega's hebben veel relevante informatie over huidige werkprocessen aangeleverd en inzichten rondom mogelijke 3D registratie aangedragen tijdens een gespreksronde langs de bedrijven. Ook is contact opgenomen met het KLO (Kabel en Leiding Overleg) en heeft het bedrijf MapXact een demonstratie van een grondradarsysteem verzorgd.

Resultaten: up-to-date informatie, visie op 2,5 D en oplossingsrichtingen

Het rapport omvat enkele hoofdstukken met up-to-date informatie over eerdere onderzoeken, beschikbare opsporingstechnieken, de toepassingsmogelijkheden van een 3D-LIS en de huidige werkprocessen rond het inmeten en verwerken in LIS. Opsporingstechnieken als grondradar en radiodetectie kunnen nog niet zonder controle met proefsleuven of aanprikken en de nauwkeurigheid tot op 5 cm wordt in de praktijk (drukke ondergrond, klei, vocht) vaak nog niet gehaald. Nieuwe inspectietechnieken als I-PIGs en robots kunnen vanuit het leidingnet gyroscopisch hun positie bepalen.

Visie

Er is een gezamenlijke visie opgesteld op een toekomstig 3D-LIS, met oplossingsrichtingen voor de realisatie. De DPWE waterbedrijven zien het toevoegen van de derde dimensie aan hun LIS als een noodzakelijke ontwikkeling op de middellange termijn (5-10 jaar). PWN wil hier mogelijk op kortere termijn al meer vorm en inhoud aan geven. De noodzaak komt voort uit zowel interne als externe behoefte aan gedetailleerde informatie over de ligging van leidingen. Er worden wel al wel z-metingen uitgevoerd, in tekeningen weergegeven en/of gerapporteerd, maar die worden nog niet vastgelegd in LIS. Men ziet dit steeds vaker als een gemiste kans.

Registratie van transport- en distributieleidingen in 2,5 D wordt als voldoende beschouwd, dit betekent één z-waarde per x,y positie. Volledige 3D geometrie zou inhouden dat de leiding als buis wordt geregistreerd, dit wordt onnodig en (voorlopig) onhaalbaar geacht in verband met systeemeisen (rekenkracht, geheugen).

Bij leidingen wordt de bovenkant van de buis ingemeten, de belangrijkste maat om graafschade te

voorkomen. Bij veel van de huidige meettechnieken (met GPS inmeten 'as built', proefsleuven, aanprikken) is dit uiteraard ook de meest logische dieptemaat. In de toekomst wordt dit mogelijk anders als leidingrobots of radiodetectie met een sonde worden ingezet. Dan kan een correctie nodig zijn voor de straal of diameter van de buis.

Er zijn drie manieren beschreven om z-coördinaten op te nemen in LIS. Welke kan worden gebruikt hangt onder meer af van de software. De eerste methode is opslag in de geometrie, dus als een 3D lijn. De tweede is als opgeslagen eigenschap, als attribuutwaarde. De derde manier is als puntmetingen die op een slimme manier aan een 'route' van leidingen kunnen worden gekoppeld.

Toepassing: gefaseerde aanpak richting 2,5 D LIS

Het is vanwege de hoge kosten voor inmeten en verwerken niet haalbaar om in één keer over te gaan op een complete registratie van de z-coördinaat. Om op termijn meer inzicht te krijgen in de diepteligging vindt men een gefaseerde aanpak geschikter. Vanuit de gezamenlijke visie zijn de volgende oplossingsrichtingen voor realisatie van 2,5 D (later 3D)-LIS opgesteld:

1. z-coördinaat t.o.v. NAP met meetdatum opslaan bij nieuwe metingen
2. bij actuele projectgebieden een inhaalslag doen uit CAD-bestanden
3. voor het grootste deel van de leidingen aannames doen op basis van NAP en lokaal geldende afspraken over gronddekking
4. voor zinkers en boringen de z-coördinaten afzonderlijk vanaf tekening verwerken in het LIS
5. bij alle werkzaamheden x,y,z-metingen uitvoeren en in het LIS verwerken
6. naast z t.o.v. NAP is het belangrijk ook de diepte t.o.v. het maaiveld op te nemen en deze gegevens (zeker bij zettingsgevoelige bodem) actueel te houden

Rapport

Dit onderzoek is beschreven in KWR 2017.006 *Naar een 3D Leiding Informatie Systeem*. De begeleidingsgroep bij dit DPWE-project bestond uit Ton Hayes (Dunea), Bas Boers (PWN), Oscar Werner (Waternet) en Martijn Kersten (Evides)

Inhoud

<i>DPWE Managementsamenvatting</i>	2
Inhoud	4
1 Inleiding	6
1.1 Aanleiding	6
1.2 Probleemstelling	6
1.3 Doel	7
1.4 Aanpak	7
1.5 Leeswijzer	7
2 Waarom een 3D-LIS	8
2.1 Inleiding	8
2.2 Beperking graafschade	8
2.3 Graafkosten	12
2.4 Analyses voor het opstellen van vervangingsbeleid	13
3 3D GIS ontwikkelingen in Nederland	17
3.1 Geo-Informatie trends	17
3.2 Data bestanden en standaarden	17
3.3 Sensoren	19
3.4 3D geo-informatie NL	19
4 Opsporingstechnieken	22
4.1 Inleiding	22
4.2 Methoden	22
4.3 Praktijktests COB in 2011	23
4.4 Demonstratie Grondradar door MapXact	24
4.5 Pilot bij Evides	25
4.6 Inspectietools	26
5 Werkprocessen en z-coördinaat	28
5.1 Inleiding	28
5.2 Voorschriften diepteligging leidingen	28
5.3 Meetvoorschriften leidingen	30
5.4 Registratie in CAD, LIS, GIS	31
6 Visie en oplossingsrichting	33
6.1 Visie	33
6.2 Oplossingsrichting	33
6.3 Maaiveld en actualiteit z-coördinaat	34
6.4 Z-coördinaat in GIS	34
7 Conclusies en aanbevelingen	37
7.1 Conclusies	37
7.2 Aanbevelingen	38

8	Referenties	40
	Bijlage I Matrix opsporingstechnieken	41
	Bijlage II KLO Meetbestek	45
	Bijlage III Linear referencing scenarios (ArcGIS)	52
	Bijlage IV Dynamic Segmentation (ArcGIS)	54

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

Tot op heden hebben de DPWE-bedrijven de registratie van hun leidingnet tweedimensionaal opgezet. De x- en y-coördinaat zijn binnen een bepaalde nauwkeurigheid bekend, maar het vastleggen van de z-coördinaat – zodat een driedimensionaal beeld van de leiding in de ondergrond ontstaat – heeft tot nu toe nog niet plaatsgevonden. Verder wordt niet door alle bedrijven het type verbinding tussen de buizen structureel vastgelegd. Een betere vastlegging van het type verbinding dat per leiding toegepast wordt draagt bij aan een vollediger beeld van de assets (leidingen).

Wanneer DPWE-bedrijven de mogelijkheid hebben om hun Leiding Informatie Systeem (LIS) uit te breiden met de z-coördinaat van leidingen en verbindingen, kan het beheren van het leidingnet in al zijn facetten efficiënter uitgevoerd worden. Dit betekent:

- een afname van het aantal schadegevallen door derden middels het geven van nauwkeurigere aanwijzingen (via KLIC meldingen) aan partijen die graven in de ondergrond nabij drinkwaterleidingen;
- eenvoudiger onderhoud en vervanging van leidingen omdat deze bij werkzaamheden beter te vinden zijn;
- een nauwkeurige werkvoorbereiding waardoor (meer)kosten voor graafwerkzaamheden worden beperkt;
- ondersteuning van het vervangingsbeleid wanneer de registratie van de z-coördinaat gecombineerd wordt met kennisregels over het falen van leidingen in relatie tot diepteligging;
- een waardevolle toevoeging in analyses waarbij de liggingsdiepte een relevante parameter is. Dit geldt zowel op het vlak van vervangingsbeleid van leidingen als waterkwaliteit.
- Uiteindelijk/in de toekomst het beter uitvoeren van het beheer van de ondergrond (door de overheid) in zijn algemeenheid.

Bij het komen tot de vastlegging van de z-coördinaat kan samenwerking in de waterketen en met andere K&L beheerders een zinvolle bijdrage leveren.

1.2 Probleemstelling

Het toevoegen van een z-coördinaat kan een omvangrijke en complexe zaak zijn. De redenen hiervoor zijn:

- De z-coördinaat is bepalend voor de geometrie (punt, lijn, vlak of volume) en dus geen attribuut zoals leidingmateriaal of jaar van aanleg;
- De z-coördinaat van de bestaande leidingen is in de meeste gevallen niet bekend en moet dus worden bepaald;
- De beoogde toepassingen van een 3D LIS en daarmee samenhangende kwaliteitseisen aan de z-coördinaat zijn nog niet duidelijk.

De omvang en complexiteit zijn mede afhankelijk van de keuze voor een 3D dan wel 2,5D vastlegging¹.

1.3 Doel

Het doel van dit onderzoek is een verkenning naar beschikbare methodieken om de z-coördinaat van leidingen te bepalen en vast te leggen in de huidige systemen². Hierbij gaat het ook om de beoordeling van de mate waarin deze technieken zinvol zijn voor de bepaling van de z-coördinaat én een beschrijving hoe registratie van de z-coördinaat het beste aansluit bij de werkprocessen van de bedrijven (Geo-ICT infrastructuur).

In dit onderzoek wordt niet in detail ingegaan op het vastleggen van het type verbinding, waar relevant worden wel relaties gelegd met de geometrie van de leidingen. Met de resultaten van dit onderzoek kunnen DPWE bedrijven in een latere fase een kader (met uitgangspunten, randvoorwaarden en opties voor samenwerking) opstellen om hun eigen LIS/GIS uit te breiden.

1.4 Aanpak

Het onderzoek is hoofdzakelijk een deskstudie naar bestaande onderzoeksresultaten, aangevuld met nieuwe inzichten uit gesprekken met leden van de projectgroep. Er is door de leden van de projectgroep en enkele collega's veel relevante informatie over huidige werkprocessen aangeleverd en er zijn inzichten rondom mogelijke 3D registratie aangedragen tijdens een gespreksronde langs de bedrijven.

Op advies van de begeleidingsgroep Infrastructuur is daarnaast contact opgenomen met het KLO (Kabel en Leiding Overleg) en is het bedrijf MapXact gevraagd een demonstratie van hun grondradarsysteem te verzorgen (31 augustus 2016).

Samenstelling projectgroep:

Dunea:	Ton Hayes
PWN:	Bas Boers
Waternet:	Oscar Werner
Evides	Martijn Kersten

1.5 Leeswijzer

Het rapport bestaat uit zeven hoofdstukken en kan globaal in twee delen worden verdeeld. Het eerste deel bestaat uit drie hoofdstukken die veel informatie bevatten uit onderzoeken die in het kader van BTO of DPWE zijn uitgevoerd, waar relevant aangevuld met recente inzichten uit de bedrijven, KWR of het KLO. In hoofdstuk 2 wordt besproken wat de belangrijkste toepassingen kunnen zijn van een 3D LIS. Hoofdstuk 3 geeft een beeld van relevante ontwikkelingen rondom 3D GIS in Nederland en plaatst de mogelijke ontwikkeling van een 3D LIS daarmee in een bredere context. In Hoofdstuk 4 worden opsporingstechnieken behandeld. Naast het uitgebreide onderzoek van COB (2011) worden hier ook innovatieve ontwikkelingen rondom grondradar en relevante inspectietools aangehaald. In het tweede deel van het rapport worden de huidige werkprocessen rondom het inmeten en verwerken in LIS beschreven (hoofdstuk 5). Hoofdstuk 6 bevat een visie op een toekomstig 3D LIS vanuit de projectgroep en mogelijke oplossingsrichtingen om dit te realiseren. Hoofdstuk 7 bevat de conclusies en aanbevelingen.

¹ Bij 2,5D wordt slechts één z-coördinaat per x,y positie vastgelegd, bijvoorbeeld 'bovenkant buis'. Zie ook hoofdstuk 6.

² Er wordt uitgegaan van de mogelijkheden van de huidige LIS/GIS systemen bij de bedrijven, er is geen breed onderzoek gedaan naar andere software oplossingen.

2 Waarom een 3D-LIS

2.1 Inleiding

Een aantal belangrijke voordelen van een 3D registratie van leidingen kunnen zijn:

- een afname van het aantal schadegevallen door derden middels het geven van nauwkeurigere aanwijzingen aan partijen die graven in de ondergrond nabij drinkwaterleidingen;
- een betere inschatting van graafkosten bij onderhoud en vervanging van leidingen;
- een waardevolle toevoeging in analyses waarbij de liggingsdiepte een relevante parameter is. Bijvoorbeeld ter ondersteuning van het vervangingsbeleid of vraagstukken rondom waterkwaliteit (opwarming water in leidingen)

In dit hoofdstuk wordt op basis van recente BTO en DPWE onderzoeken en inzichten van de projectgroep leden een verdere onderbouwing gegeven van de belangrijkste meerwaarde die een 3D LIS kan bieden.

2.2 Beperking graafschade

2.2.1 Graafschade kabels en leidingen

In 2013 is een DPW onderzoek uitgevoerd naar "Storingen als gevolg van graafwerkzaamheden" (van Eijk, 2013). Resultaten uit dit onderzoek zijn in de volgende paragrafen weergegeven en aangevuld met recente cijfers over graafschade (zie par. 2.2.3).

In Nederland wordt steeds meer gegraven, aangelegd en gebouwd in de ondergrond. Met die drukte stijgt ook het aantal graafschades aan kabels en leidingen (CROW, 2008). Jaarlijks ontstaat bij circa 20% van alle graafwerkzaamheden schade aan kabels en leidingen, goed voor een directe schadepost van ongeveer €25 miljoen per jaar (Agentschap Telecom, 2012). Schade aan kabels en leidingen kan gevaarlijk zijn voor de omgeving en ongemak opleveren. Op initiatief van KLIC (Kabels en Leidingen Informatiecentrum) en Bouwend Nederland is er in 2005 een inventarisatie gemaakt van meest voorkomende oorzaken van graafschade aan kabels en leidingen (KLIC, 2005). De belangrijkste oorzaken volgens registratie zijn het 'onvoldoende zorgvuldig graven' (44%) en het 'niet doen van een KLIC-melding' (37%).

2.2.2 WION en WIBON

In 2008 is de WION, de Wet Informatie-uitwisseling Ondergrondse Netten, ingevoerd. Doel van de wet is gevaar of economische schade door beschadiging van ondergrondse kabels of leidingen (water-, elektriciteit- en gasleidingen, telefoonlijnen en olie- en gasleidingen) te beperken. De wet verplicht particulieren en bedrijven die graafwerkzaamheden uitvoeren (grondroerders) tot het melden van elke mechanische grondroering en de graafwerkzaamheden zorgvuldig uit te voeren. Om zorgvuldig te kunnen graven, is het belangrijk om te weten waar kabels en leidingen in de grond liggen. Kabel- en leidingbeheerders dienen volledige en actuele digitale kaarten te leveren van al hun (ondergrondse) kabels en leidingen. De graafsector heeft het initiatief genomen voor het programma KLIC-WIN. Dit programma moderniseert de uitwisseling van kabel- en leidinginformatie volgens de WION en sluit systemen en processen beter aan op de Europese richtlijn INSPIRE. Op deze manier bereiden de graafsector en het Kadaster zich voor op de toekomst.

De naam KLIC-WIN is een samenvoeging van de WION en INSPIRE (de Europese richtlijn Infrastructure for Spatial Information in the European Community). KLIC-WIN regelt de digitale uitwisseling van informatie over kabels en leidingen tussen gravers en beheerders (Kadaster, 2016).

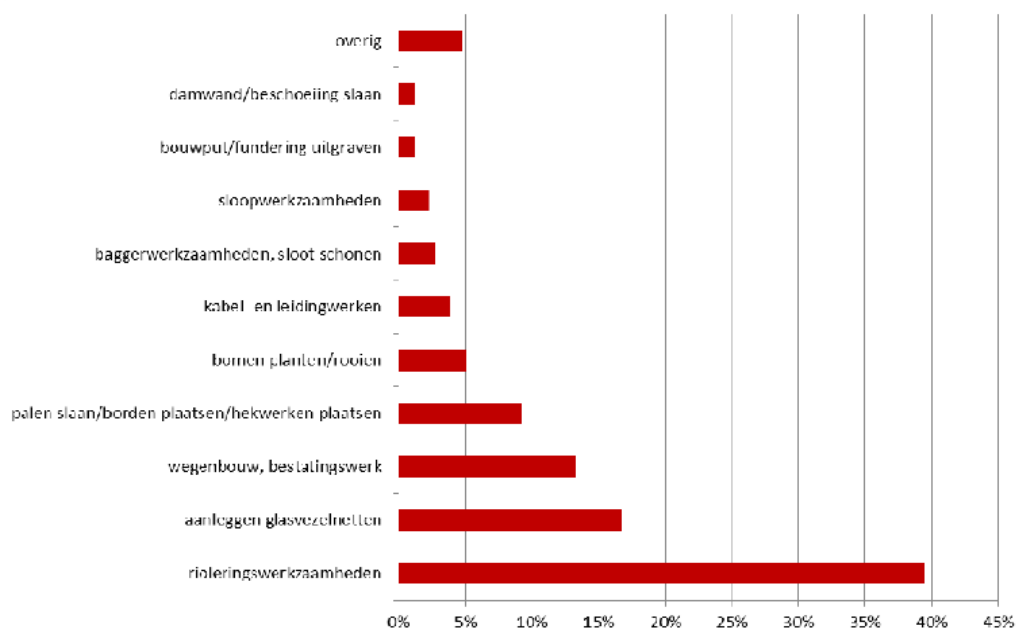
In 2017 zal naar verwachting de nieuwe wet WIBON in werking treden, hierbij worden ook bovengrondse netten betrokken. De informatie over kabels en leidingen in boven- en ondergrond wordt verder gedigitaliseerd. Hierdoor wordt de beschikbare informatie over kabels en leidingen nauwkeuriger en actueler. Tevens worden gegevens van aansluitleidingen (waaronder huisaansluitingen) niet langer uitgezonderd. Door deze maatregelen wordt het risico op schade door graafwerkzaamheden kleiner. De procedure rond het treffen van voorzorgsmaatregelen bij gevaarlijke leidingen wordt verbeterd.

WION of WIBON stellen vooralsnog geen eisen aan het aanleveren van gegevens over dieptes van kabels en leidingen.

2.2.3 Invloed van graafwerkzaamheden op schades

Onderzoek naar de doeltreffendheid en de effecten van de WION wijst uit dat door de WION het aantal graafschades waarschijnlijk lager is dan in het geval er geen WION met bijbehorende wettelijke plichten zou zijn geweest (Kwink, 2013). Uit dit onderzoek blijkt echter ook dat dat statistisch niet is aan te tonen en dat het aantal schademeldingen juist is toegenomen sinds 2008. Netbeheerders in de watersector geven aan dat het aantal graafschades al sinds 2008 stijgt met circa 10% per jaar. Netbeheerders vermoeden dat het aantal graafschades zonder inwerkingtreding van de WION waarschijnlijk nog hoger zou zijn geweest (Kwink, 2013).

Graafwerk blijft, ook na de invoering van de wet WION, een belangrijkste oorzaak van schade aan ondergrondse kabels en leidingen. Dit blijkt uit een analyse van het Kabels en Leidingen Overleg (KLO), waarin een aantal netbeheerders, waaronder ook waterbedrijven, zijn vertegenwoordigd (KLO, 2012). Ondanks het feit dat het nu verplicht is om een WION melding te doen en de tekeningen van de netbeheerders te raadplegen zijn er volgens het Kadaster in 2011 in totaal 32.000 graafschades gemeld waarbij een kabel of leiding kapot werd getrokken (KLO, 2012). Dit gebeurde in bijna 40% van het aantal graafschades bij rioleringswerkzaamheden (groot graafvolume) en in meer dan 15 % van de gevallen bij het aanleggen van glasvezelnetten, zie Figuur 1.



FIGUUR 1 AANDEEL GRAAFWERKZAAMHEDEN IN SCHADES (KLO, 2012)

Andere conclusies uit dit onderzoek zijn:

- Van de schades bij de KLO bedrijven is 45 % van het aantal schades aan datanetwerken, 31 % aan energienetten (laagspanning), 14 % aan gasnetten (lage druk) en 9 % aan waternetten.
- 50 % van de schades betreft huisaansluitingen. Het aandeel huisaansluitingen is voor het thema water het grootst (66% in 2014) en voor het thema laagspanning het laagst.
- 70 % van de schades wordt veroorzaakt door infra bedrijven en de Grond- Weg en Waterbouw sector.
- 70 % van de schades wordt veroorzaakt door kraanmachines en minikranen.
- Bij 50 % van de schades is geen sprake geweest van “zorgvuldig graven”.
- 5 % van de schades wordt door de netbeheerders zelf veroorzaakt.
- In 6 % (2011) van de graafschades is er sprake van afwijkende ligging, ondiepe ligging, of staat de kabel/leiding niet op de tekening. Dit percentage is gestegen naar 13 % in 2014.

Risico op graafschade is groot bij alle werkzaamheden die dieper dan de waterleiding worden uitgevoerd (bijv. riool en hogedruk gas). Risico is groot bij eventuele kruisingen van riolen met waterleiding en bij de aanleg van stadsverwarming, heien, boringen, en het vervangen van bestaande leidingen.

Het risico op graafschade bij bepaalde activiteiten is hoger, omdat de kans op onzorgvuldig graven hoog is, de werkzaamheden in de nabijheid van drinkwaterleidingen plaatsvinden en de informatievoorziening beperkt is.

Graafschades ontstaan voornamelijk door onzorgvuldig graven (vaak door een onderaannemer) en bijvoorbeeld bij het wisselen van de werknemer op de kraan. Schade treedt op bij het starten van de uitvoering vooruitlopend op de komst van de uitvoerder. Maatvoering ontbreekt vaak op tekeningen. Dit kan worden verbeterd door digitale levering

van de tekeningen. Opgemerkt wordt dat er nauwelijks terugkoppeling plaats vindt als er een afwijkende ligging wordt geconstateerd.

Graafschades kunnen worden voorkomen door zorgvuldig te graven (zie CROW graafrichtlijnen) en door de graver goede liggingsgegevens ter beschikking te stellen. Tevens kan toezicht van de leidingbeheerder bijdragen aan het verminderen van graafschades; er zal zorgvuldiger worden gegraven. De graver moet zo vroeg mogelijk contact opnemen met het drinkwaterbedrijf.

Belangrijke beheersmaatregelen ten behoeve van het beperken van graafschades en storingen zijn: communicatie met aannemers voorafgaand aan de werkzaamheden, verbetering van de tekeningen, toezicht door de leidingbeheerder. Een goede terugkoppeling van afwijkende ligging van drinkwaterleidingen kan op de langere termijn een bijdrage leveren aan het beperken van graafschade, mits in een goede registratie van de x, y en z coördinaten is voorzien.

2.2.4 Recente cijfers over graafschade

Het KLO heeft in mei 2016 een overzicht gegeven van cijfers die door het Agentschap Telecom zijn vrijgegeven. Hieronder een deel van het bericht:

“Het aantal graafschades in Nederland is in 2015 opnieuw gedaald en is uitgekomen op 32.858. Dit blijkt uit een overzicht dat het Agentschap Telecom publiceerde (op basis van het jaarverslag van het Kadaster). Dat is afgezet tegen 2014 een vermindering van 2.018 (5,8%), waarbij ook nog eens het aantal graafbewegingen in 2015 fors is toegenomen.

Het agentschap registreerde ruim 530.000 graafmeldingen in 2015 (gewone graafmeldingen en calamiteitenmeldingen). In 2014 waren dat er nog 500.000. De gemiddelde herstellkosten zijn licht gestegen naar € 796 per schade.

Kabels voor communicatieverkeer zoals telefoon, internet en televisie worden het vaakst geraakt. Vorig jaar rond deze tijd kon het Agentschap Telecom al een daling van ruim 9% melden jaar op jaar: het aantal graafschades in 2014 kwam uit op 34.876. Bewustwording bij bedrijven werd als reden genoemd voor de sterke verbetering.”

Bij waterbedrijven is het aandeel storingen ten gevolge van derden (meestal graafwerkzaamheden) gemiddeld 15% in de periode 2011- 2015. Er is geen duidelijke trend waarneembaar, ook niet in het absolute aantal storingen. Dit blijkt uit een overzicht uit USTORE (18 januari 2017) van alle storingen bij de bij USTORE aangesloten waterbedrijven³. Storingen ten gevolge van graafwerkzaamheden komen meestal voor bij aansluitleidingen (leden projectgroep, pers. comm. d.d. 16 januari 2017). Aansluitleidingen zijn (nog) niet volledig in de LIS/GIS systemen opgenomen, hierdoor komen deze ook niet via een KLIC melding digitaal beschikbaar voor de graver.

Samenvattend kan worden gesteld dat betere informatie over de ligging (x, y en z) van kabels en leidingen kan zorgen voor het terugdringen van graafschade. Dit geldt ten minste voor 13 % van alle gevallen van graafschade onder alle netbeheerders (KLO, 2015). Bij waterbedrijven vindt graafschade door derden in 66% van de gevallen plaats bij

³ Waternet heeft een eigen systeem voor storingsregistratie.

aansluitleidingen (KLO 2015). De liggingsgegevens van aansluitleidingen zijn meestal nog niet digitaal beschikbaar.

2.3 Graafkosten

Bij het opsporen van leidingen, het onderhoud en mogelijke sanering kunnen graafkosten een aanzienlijke kostenpost vormen.

In 2011 is in het kader van DPW onderzoek een project uitgevoerd naar "Diepteligging van leidingen" (Pieterse-Quirijns et. al, 2011). Enkele, voor dit huidige onderzoek belangrijke, bevindingen worden hier genoemd.

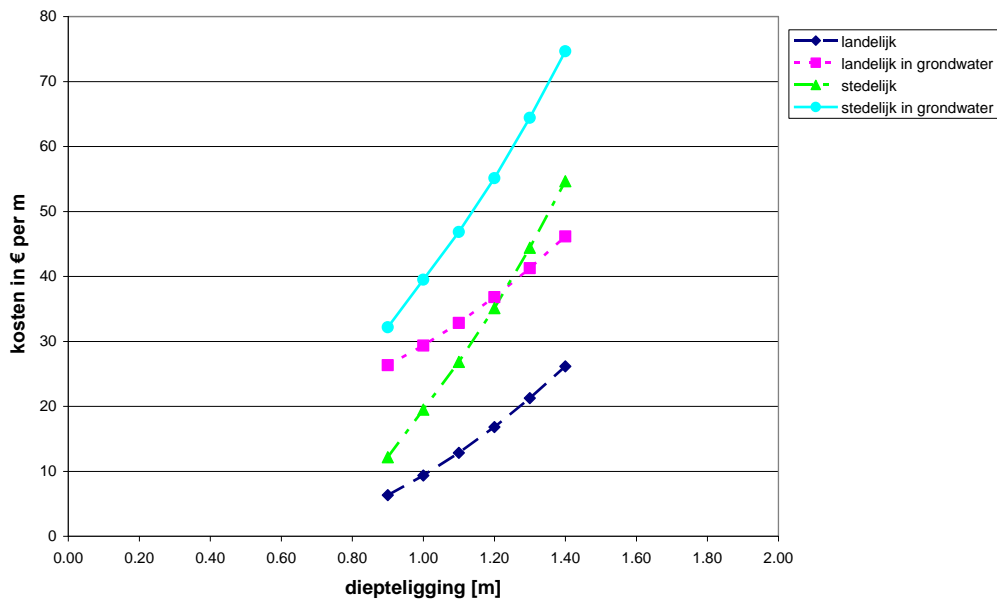
Bij de aanleg en het beheren van leidingen spelen een aantal aspecten een rol:

- graafkosten, die toenemen bij grotere diepte;
- de stand van grondwater: de aanwezigheid van grondwater leidt tot extra kosten, omdat bronbemaling en pompen voor de afvoer van water nodig kunnen zijn;
- ligging van andere kabels en leidingen. Door de aanwezigheid van andere kabels en leidingen is er minder plaats beschikbaar voor de aanleg van waterleidingen. De ondergrondse infrastructuur zorgt er tevens voor dat de waterleidingen moeilijker bereikt kunnen worden. De slechte bereikbaarheid zal vooral beheerkosten, zoals kosten voor een reparatie, bijzonder hoog maken. Bij aanleg speelt deze factor een kleinere rol, omdat een nieuwe leiding zal worden gelegd waar de toegankelijkheid niet belemmerd wordt door aanwezige kabels. In stedelijke omgeving wordt echter ook de aanleg steeds moeilijker. Vaak moet worden ingegrepen in zeer onoverzichtelijke en moeilijk bereikbare situaties met kabels en leidingen. Nieuwe aftakkingen zitten immers vaak in een al bestaande structuur;
- veiligheid/ARBO: hoe dieper een leiding ligt, hoe meer veiligheidsaspecten een rol gaan spelen, zoals het aanbrengen van bekisting. Bij een diepteligging van 2 meter of dieper moet sleufbekisting aangebracht worden. In veel bestekken zijn de extra kosten voor bekisting opgenomen.

Voor het verband tussen graafkosten (graven en aanvullen sleuf) is gebruik gemaakt van de tarieven zoals deze in de RAW-systematiek bij Dunea worden toegepast. RAW staat voor Rationalisatie en Automatisering grond-, Water- en wegebouw. De systematiek wordt toegepast voor het samenstellen van bouwcontracten in de grond-, water- en wegebouw (www.crow.nl). In deze systematiek worden vier verschillende zones onderscheiden, waarbij zone 1 staat voor een puur landelijke omgeving en zone 4 voor een puur stedelijk gebied. De andere zones zitten tussen puur landelijk en puur stedelijk in. De RAW-systematiek geeft de graafkosten per meter sleuflengte voor verschillende dieptes in elke zone.

In dit zoneringsstelsel zitten geen bijzondere kosten, zoals kosten voor situaties met veel grondwater, die extra werkzaamheden noodzakelijk maken, bijvoorbeeld drainage en bronbemaling van de sleuf. In de RAW-systematiek zijn hiervoor aparte tarieven opgenomen, die bestaan uit kosten voor het aanbrengen, toepassen, instandhouding en verwijderen, deels per meter sleuflengte en deels per tijdseenheid. Voor deze tarieven bestaat er geen differentiatie naar diepteligging. Met andere woorden, bij de toepassing van speciale maatregelen tegen toestromend grondwater in de sleuf maakt het niet uit om welke diepteligging het gaat. Voor een sleufdiepte van 0,60 m zijn de kosten evenveel als voor een diepte van 1,20 m. Natuurlijk is de kans op grondwater bij een grotere sleufdiepte wel groter. Omdat de tarieven voor bijzondere kosten bij grondwater kunnen verschillen per situatie en bovendien afhankelijk zijn van de tijdsduur van toepassing van maatregelen is het moeilijk

om deze goed te verwerken in een scenario. Als vuistregel werd (in 2011) €20,- per meter aangehouden voor het aanbrengen van bronbemaling (Ruijg, 2010).



FIGUUR 2 GRAFISCHE WEERGAVE VAN DE GRAAFKOSTEN ALS INDICATIE VOOR DE AANLEG- EN BEHEERKOSTEN IN € PER METER SLEUFLENGTE OP VERSCHILLENDE DIEPTES IN LANDELIJK EN STEDELIJK GEBIED IN AAN- EN AFWEZIGHEID VAN GRONDWATER (PIETERSE-QUIRIJNS ET. AL, 2011).

Uit Figuur 2 blijkt dat de kosten in stedelijk gebied ongeveer twee keer zo hoog liggen als in landelijk gebied. Bovendien blijkt dat het effect van grondwater op de graafkosten relatief het grootst is bij kleinere diepten. Het grootste effect in de graafkosten wordt verkregen als bijvoorbeeld ter voorkoming van opwarming een grotere diepteligging wordt gekozen dan de huidige, waarbij de leidingen in het grondwater komen te liggen. In landelijk gebied kunnen de graafkosten dan toenemen van €9,35 op 1 meter naar €41,26 op 1,30 meter (prijspeil 2011), als daarbij de leiding in grondwater terecht komt.

Hierbij moet opgemerkt worden dat de kosten voor bronbemaling per diepte misschien wel gelijk is, maar dat bij grotere diepten extra kosten verwacht kunnen worden, bijvoorbeeld voor de afvoer van het water. Bij kleinere diepten is het wellicht mogelijk om het grondwater met een kleiner pompje weg te pompen en is bronbemaling niet nodig.

Graafkosten nemen toe met de diepte en de aanwezigheid van grondwater. Door een beter inzicht in de ligging van leidingen is een betere inschatting van kosten voor aanleg en onderhoud mogelijk.

2.4 Analyses voor het opstellen van vervangingsbeleid

Om het waterleidingnet zo goed mogelijk te beheren hebben waterbedrijven behoefte aan inzicht in de "rest kwaliteit" van leidingen. Beslissen wanneer een leiding het eind van zijn technische levensduur bereikt vraagt om een groot aantal afwegingen.

Ook het eventueel meegaan met andere netbeheerders (reactieve saneringsbeslissing) moet kritisch worden gezien en dient in overeenstemming te zijn met het eigen saneringsbeleid

(Skornsek, 2011). Om die reden kan worden gesteld in principe niet mee te gaan, tenzij dit op basis van duidelijke criteria toch te verkiezen is. Criteria om wel mee te gaan kunnen zijn:

- De leidingconditie is dusdanig dat die binnen een aantal jaar op eigen initiatief wordt vervangen;
- De werken vormen enkele aantoonbaar risico's voor de integriteit van de leiding;
- Er is een kostenvoordeel om mee te gaan;
- Niet meegaan, leidt tot toekomstige liggingsproblemen, bijvoorbeeld door beperkte ruimte in het tracé, onbereikbaarheid van leidingen of door bijzondere bestrating.

Goede informatie met betrekking tot de (diepte)ligging van de kabels en leidingen is essentieel voor een goede afweging om al dan niet mee te gaan met werkzaamheden van derden.

2.4.1 Kennissysteem Levensduurbepaling (KSLB)

In 2015 is het BTO onderzoek uitgevoerd naar de "Meerwaarde van Geo-informatie voor Kennissysteem Levensduurbepaling Leidingen (KSLB)" (Skornsek, 2015). In dit onderzoek is gekeken naar de wijze waarop geo-informatie een bijdrage kan leveren aan de werkprocessen rondom het vervangingsbeleid van leidingen. De resultaten worden hieronder samengevat.

Het Kennissysteem Levensduurbepaling (KSLB 2002 en versie 2.0 in 2011) ondersteunt drinkwaterbedrijven bij het onderbouwen van saneringsbeslissingen. Met het KSLB wordt gestructureerd en verifieerbaar kennis opgebouwd over de conditie van het leidingnet. Het gebruik van geo-data en GIS-analyses leidt ertoe dat de voor KSLB relevante informatie (o.a. storings, leidingkenmerken en omgevingskenmerken) meer in samenhang geanalyseerd kan worden en dit maakt vervolgens een gestructureerde opbouw van kennisregels in het KSLB mogelijk. Deze gestructureerde kennisopbouw over de conditie van leidingen resulteert in betere verifieerbare modellen en kennisregels. Een geo-georiënteerd KSLB (Geo-KSLB) heeft dan ook een duidelijke meerwaarde.

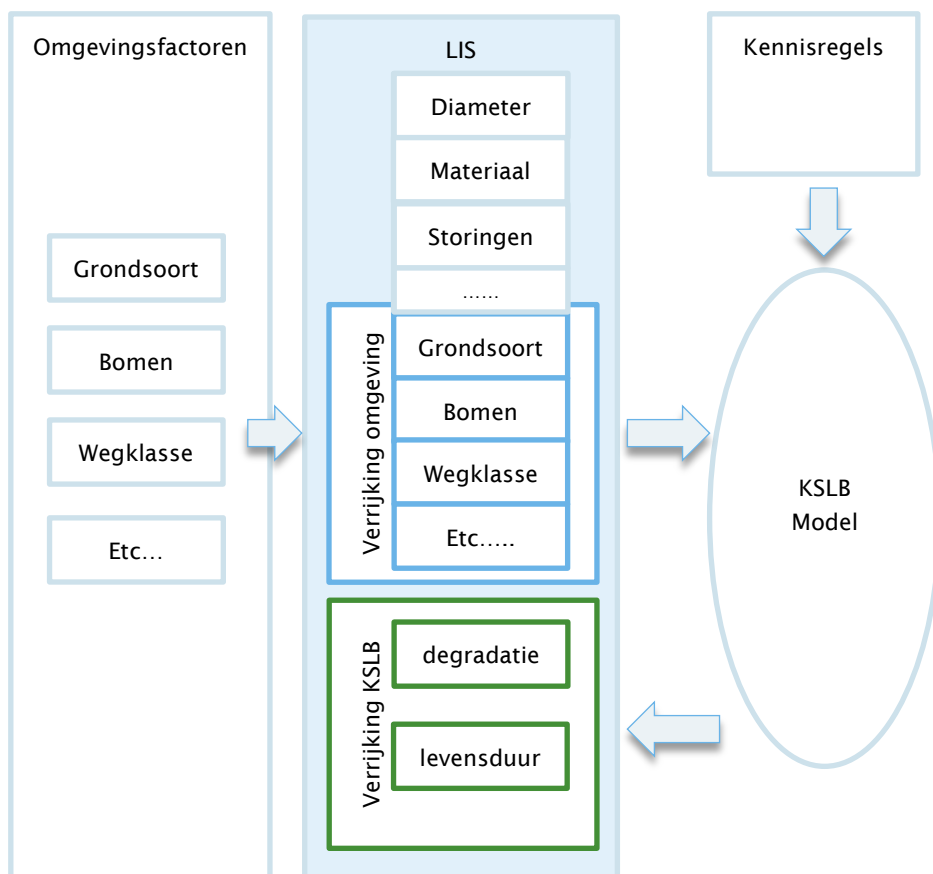
In het huidige KSLB 2.0 is de geografisch ligging van de leiding (x,y coördinaten zoals vastgelegd in een LIS of GIS) niet opgenomen. De geografische ligging van de leiding (in x, y coördinaten) komt dan ook niet terug als informatie-component in het KSLB 2.0. GIS analyses op leidingkenmerken en hun geografische ligging zijn in het KSLB 2.0 daardoor nu niet mogelijk.

Het wel opnemen van geografische ligging van leidingen in het KSLB levert de volgende voordelen op:

- M.b.t. relateren leidingen aan omgevingsfactoren: Door GIS-analyses (koppelen van ligging leidingen en omgevingsfactoren) kunnen omgevingsfactoren worden toegevoegd als kenmerk van een bepaald stuk leiding. De leiding-informatie wordt dan verrijkt met nieuwe kenmerken. Op basis van een GIS-analyse kan dan bijvoorbeeld voor elk leidingsegment de grondsoort, verkeersklasse, aanwezigheid bomen, etc. bepaald worden. Voorwaarde is dat de benodigde geo-informatie beschikbaar is en van voldoende kwaliteit voor het beoogde doel.
- M.b.t. het relateren van leidingen aan storings en metingen: De geografische locatie van storings en metingen kunnen direct gekoppeld worden aan de geografische locatie van de leiding. Dit biedt aanvullende mogelijkheden voor storingsanalyses en opbouwen en borgen van kennisregels. In de doorontwikkeling van USTORE(-Web) wordt daar alvast rekening mee gehouden

- M.b.t. de verrijkte leiding-kenmerken resulterende uit bovenstaande voordelen: Bij het bepalen van cohorten kunnen nu naast de algemene leidingkenmerken (LIS) ook verrijkte leidingkenmerken (voorkomend uit een GIS-analyse) meegenomen worden. Dus bijvoorbeeld “alle AC-leidingen in veen” kunnen een cohort worden. Deze verrijkingen kunnen voortvloeien uit het KLSB, maar ook uit andere tools en modellen die bij de drinkwaterbedrijven of binnen de UKNOW-architectuur gebruikt worden.

Figuur 3 illustreert hoe de verrijking van leidingkenmerken met omgevingsfactoren plaatsvindt. Centraal staat het Leiding Informatie Systeem (LIS) waarin naast de geografische ligging van de leidingen ook informatie kan zijn vastgelegd over o.a. diameter, materiaal en storingen. Door een GIS-analyse worden vervolgens de omgevingsfactoren gekoppeld aan het LIS. Per leidingsegment is nu de omgevingsfactor bekend en wordt als kenmerk (database-attribuut) toegevoegd aan het LIS. De verrijkte LIS gegevens dienen samen met de kennisregels als input voor het KSLB model. De resultaten van het KSLB model (degradatie en levensduur per leidingsegment) kunnen daarna ook weer als kenmerk (database-attribuut) aan het LIS worden toegevoegd.



FIGUUR 3 VERRIJKING LEIDINGENMERKEN.

De omgevingsfactoren in KSLB 2.0 zijn gebaseerd op lokale en expert-kennis die vertaald worden naar kennisregels bestaande uit factoren. Het gebruik van geo-data kan een vervanging zijn voor deze lokale of expert-kennis. Door in een GIS de digitale kaarten met omgevingsfactoren te combineren met de geografische ligging van de leiding is het mogelijk om per leidingsegment omgevingsfactoren als kenmerk toe te voegen aan de leiding. Dus

voor ieder leidingsegment (afkomstig uit LIS) weet je dan in principe wat de grondsoort, of de aanwezigheid (afstand tot) van boomwortels, etc. is. Hierbij is informatie over de diepteligging van de leidingen belangrijk. Vooral bij het bepalen van de invloed van bodemtemperatuur op de temperatuur van het water in de leidingen speelt de exacte diepte een grote rol.

Aandachtspunt is bruikbaarheid van beschikbare geo-data voor de beoogde toepassing. Denk daarbij o.a. aan de toepassingschaal van de geo-data. Ofwel, in hoeverre is de schaal van de ingewonnen geo-data geschikt voor het beoogde schaalniveau waarop de geo-data toegepast gaat worden (Skornsek, 2011, pp. 23).

Voor de aanwezigheid van kalk, het type grondsoort of de grondwaterstand kan de bodemkaart en daaruit afgeleide bestanden gebruikt worden. Deze komen via de Basisregistratie Ondergrond (BRO) beschikbaar. De verharding of deklaag zou nader gespecificeerd kunnen worden door gebruik te maken van de Basisregistratie Grootchalige Topografie (BGT), die mogelijk tot een verfijning dan wel nieuwe kennisregels kan leiden.

De beschikbaarheid en het gebruik van data met de geografische ligging (x, y en z-coördinaten) van leidingen, omgevingskenmerken, storingen en inspecties biedt de mogelijkheid om GIS-analyses uit te voeren. Informatie afkomstig uit verschillende bronnen, kan nu in samenhang geanalyseerd worden. Vooral bij het bepalen van de invloed van bodemtemperatuur op de temperatuur van het water in de leidingen speelt de exacte diepte een grote rol.

Met de ruimtelijke (GIS) analyses zijn betere beslissingen mogelijk, bijvoorbeeld over het saneren van leidingen.

3 3D GIS ontwikkelingen in Nederland

3.1 Geo-Informatie trends

De Nederlandse geo-sector (overheid, onderzoek en bedrijfsleven) benoemt in haar streefbeeld 2020 dat “onze voorsprong in kennis rond watermanagement is verder uitgebouwd door nieuwe toepassingen van locatie-informatie”.⁴ Men ziet voor thema water en GEO-informatie een aantal ontwikkelingen. In dit kader zijn m.n. interessant de kansen op het gebied van:

- Open data
- Gegevens over de hele waterketen in kaart brengen en onderling uitwisselbaar maken
- Integreeren van dynamische data en sensoren
- 3D informatie beter toegankelijk maken

De laatste jaren is de beschikbaar en kwaliteit van geo-data sterk gestegen. Mede door de invoering van een aantal geo-relateerde Basisregistraties (zoals de BAG, BRT, en BGT); Europese wetgevingen (INSPIRE), een actiever overheidsbeleid t.a.v. Open Data⁵ en een verhoogde acceptatie graad van community based open data initiatieven (bijv. www.openstreetmap.nl). Zo gebruiken diverse overheidsinstanties de verplichte basisregistraties – BRT- in combinatie met OpenStreetMap data.

Diverse geo-data sets zijn niet alleen beschikbaar geworden maar ook makkelijker vindbaar en bruikbaar geworden. Denk daarbij aan de PDOK⁶ voor het vinden van geo-data en waar geo-data meteen als webservice bekeken, dan wel in de eigen GIS applicaties toegevoegd kan worden, maar ook aan Europese wetgeving (INSPIRE) die ertoe heeft geleid dat geo-data gestandaardiseerd en via webservices of downloads beschikbaar zijn.

3.2 Data bestanden en standaarden

3.2.1 Actueel Hoogtebestand Nederland (AHN)

Het Actueel Hoogtebestand Nederland (AHN) is een bestand met voor heel Nederland gedetailleerde en precieze hoogtegegevens. Een digitale hoogtekartaart, als het ware. Voor heel Nederland is van elke 0,25 vierkante meter bekend wat de hoogte is, uitgezonderd oppervlaktewater. De waterschappen en Rijkswaterstaat laten het AHN maken voor hun dagelijks werk, vooral voor waterbeheer en waterkering beheer. Maar ook voor andere toepassingen wordt het AHN gebruikt. Het vrijgeven van het AHN als open data (sinds 2015) heeft een grote impuls gegeven aan het ontwikkelen van 3D GIS toepassingen in Nederland.

Een van de producten van het AHN is het maaiveldbestand. Daarnaast is ook een bestand verkrijgbaar met hoogtegegevens van objecten en vegetatie. Naast rasterbestanden zijn de hoogtegegevens ook als zogenaamde “point clouds” ofwel puntenwolken beschikbaar.

De kwaliteitskenmerken van het AHN-(versie 2) worden beschreven in Tabel 1.

⁴ Zie <http://geosamen.nl/wp-content/uploads/2014/11/GeoSamen.pdf> voor volledig rapport.

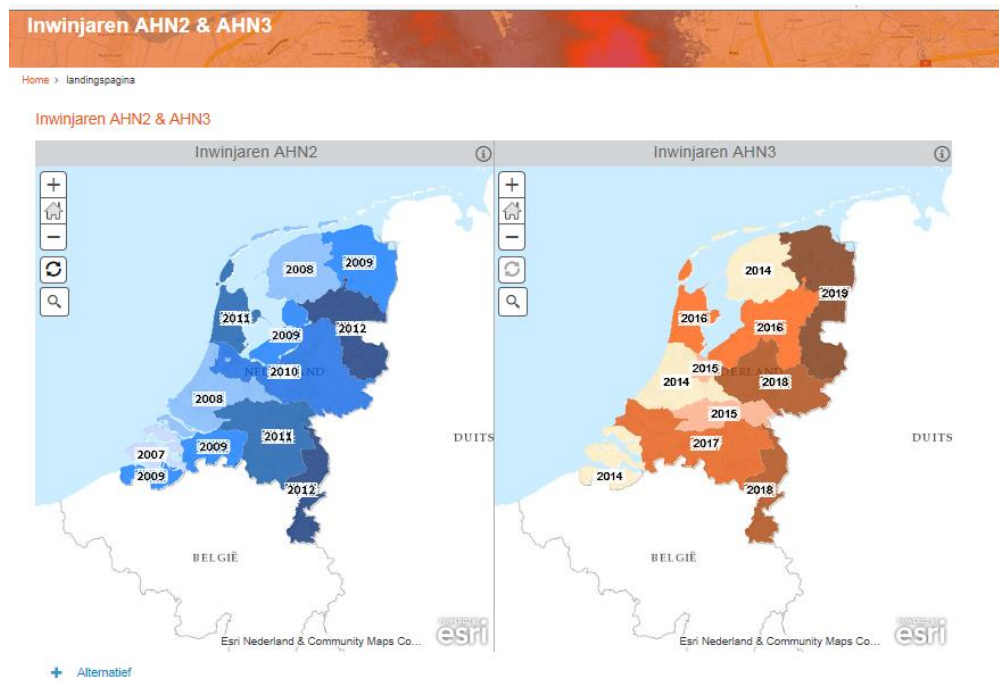
⁵ Zie data.overheid.nl

⁶ Zie www.pdok.nl

TABEL 1 KWALITEITSKENMERKEN AHN2 (SKORNSEK, 2011).

Naam Dataset	AHN-2
Ruimtelijk schema	Raster
Geometrische nauwkeurigheid	Resolutie van 0,5 meter waarbij hoogtewaarde is opgenomen met een precisie van 5 centimeter.
Actualiteit	Iedere 5 tot 10 jaar. Oplevering geschied per regio.
Compleetheid	Landsdekkend
Toepassingschaal	Bronhouder heeft geen toepassingschaal opgegeven.

Versie 3 van het AHN wordt de komende jaren ingewonnen en verwerkt, een deel van Nederland is al gereed en beschikbaar (zie Figuur 4). De kwaliteitskenmerken zijn gelijk aan AHN-2. Tijdens een landelijke gebruikersbijeenkomst op 15 november 2016 werden gebruikers geconsulteerd over de wensen ten aanzien van de verdere ontwikkelingen en bijhouden van het AHN. Idee is om de actualiteit te verbeteren en specifieke metingen te doen bij (infrastructurele) projecten zoals afgravingen of ophogingen bij bouwrijp maken van gebieden. Voor waterbedrijven zou dit kunnen betekenen dat er betere en actuelere informatie over gronddekking van leidingen beschikbaar komt (AHN congres, 15 november 2016).



FIGUUR 4 JAREN VAN INWINNING VAN HET AHN-2 EN AHN-3.

(Bron: <http://www.ahn.nl/common-nlm/inwinjaren-ahn2--ahn3.html>)

3.2.2 IMKL

In het kader van geo-data en LIS zijn de ontwikkelingen rondom het IMKL2015 (Informatie Model Kabels en leidingen) relevant. Dit informatie-model voor de uitwisseling van Kabels- en leidingen-informatie dient als basis voor de wettelijke verplichtingen van drinkwaterbedrijven t.b.v. de WION en INSPIRE.

IMKL2015 past waar nodig, optioneel, 3D geometrie toe. De 3D geometrie is een optionele extensie die geen invloed heeft op de 2D modellering.

Een kabel- of leidingelement in het IMKL bieden ieder de mogelijkheid voor het opnemen van 3D geometrie in twee verschillende 'Levels of Detail' (LOD). Allereerst kunnen 2.5D punten, vlakken en lijnen worden opgenomen. Dit kan beschouwd worden als Level of Detail 0 (LOD0) en is bedoeld voor het toevoegen van de z-coördinaat. Elk IMKL vlak, lijn- of puntobject krijgt voor elk coördinatenpaar een z waarde. Om de ligging in 3D te beschrijven krijgt de lijn extra coördinatenparen ten opzichte van de 2D representatie. De objecten kunnen dan in een Digitaal Terrein Model (3D terreinmodel) worden geïntegreerd en op de juiste hoogte onder of boven maaiveldniveau worden gerepresenteerd.

Daarnaast is het mogelijk om volledige 3D geometrie op te nemen. Dit is te beschouwen als Level of Detail 1 (LOD1) en maakt het mogelijk om IMKL objecten als volledige 3D objecten (volumes) te representeren.

Het IMKL2015 bevat de mogelijkheid om diepte t.o.v. het lokale maaiveld of dieptes t.o.v. NAP op te nemen. Standaard wordt bovenkant buis als meetpunt genomen maar het kan zinvol zijn om bij een buis (riolering) additioneel ook de binnen onderkant buis (BOB) als meetpunt op te nemen. Voor WION wordt er voor dieptepeil altijd meters gebruikt met maximaal 2 decimalen.

Er is informatie over de nauwkeurigheid waarmee de diepte is opgenomen. Dit is de nauwkeurigheid van de meting op de dag van de legging of het moment van een revisie van deze informatie. Daarvoor zijn 4 nauwkeurigheidsklassen opgenomen. De nauwkeurigheid moet minstens +/- 1 meter zijn. Bij het utiliteitsnet is een attribuut standaard dieptelegging opgenomen, die is daarmee expliciet gemaakt.

Eén leiding kan meerdere dieptegegevens langs het traject van de leiding hebben. Omdat hierdoor de diepte informatie en het object leiding niet meer 1 op 1 aan elkaar gekoppeld zijn kan via het attribuut ligging de locatie van het dieptegegeven worden aangegeven. De diepte geldt op die locatie. Een object Diepte heeft ook de attributen van het object Label. Hiermee kunnen verschillende dieptes middels annotatie aan één leiding worden gekoppeld.

(Bron: Geonovum)

3.3 Sensoren

Naast bovengenoemde ontwikkelingen zijn er ook innovaties op het gebied van data-inwinning, waardoor er nieuwe manieren ontstaan om data in te winnen en bruikbare geodatasets te creëren. Denk daarbij aan het gebruik van terrestrische laserscanning (3D puntenwolken), satellietbeelden, sensoren of drones. Radar satellietbeelden worden gebruikt voor het bepalen van zettingen rondom leidingen (zoals aangeboden door bedrijven als Skygeo⁷), sensoren voor het monitoren van grondzettingen (zoals in het STOOP project⁸) of leiding-inspectie technieken.

3.4 3D geo-informatie NL

Zowel 3D informatie als technieken voor het werken met 3D informatie komt steeds breder beschikbaar. Ook bestaat er sinds 2008 een OGC standaard voor het modelleren van 3D geo-informatie. Toch kwam een brede doorbraak van 3D geo-informatie niet echt van de grond. Daarom hebben Geonovum, Kadaster, de Nederlandse Commissie voor Geodesie (NCG) en

⁷ Zie www.skygeo.com voor meer informatie

⁸ Zie www.ijknet.nl/stoop/monitoren voor meer informatie.

het Ministerie van Infrastructuur en Milieu in 2010 gezamenlijk het initiatief genomen voor een landelijke 3D pilot.

3.4.1 3D Pilot NL

Doel van de pilot was om een 3D standaard in Nederland te definiëren door samen te werken aan 3D toepassingen in testgebieden met (veel) verschillende stakeholders. Ongeveer 80 mensen van 60 organisaties uit de wetenschappelijke, private en publieke sector gaven gehoor aan de oproep om mee te doen. De resultaten van de pilot hebben geleid tot nationale afstemming en inzichten voor een landelijke 3D informatievoorziening passend in het huidige (inter)nationale standaardenstelsel.

Eind 2011 is een vervolg gestart op de 3D pilot met de focus op implementatie van de standaard CityGML-IMGeo. Binnen dit vervolg zijn concrete producten ontwikkeld om de implementatie van 3D te ondersteunen (de 3D toolkit).

3.4.2 Special Interest Group 3D

Na afronding van twee succesvolle pilots rond 3D is in 2014 de 3D Special Interest Group, 3D SIG, gestart. Deze 3D SIG zoekt samen met het werkveld naar oplossingen voor nog openstaande 3D-issues. Denk aan de verdere afstemming tussen Bouw Informatie Modellen (BIM) en GIS, afstemming tussen boven- en ondergrondse informatie en 3D-extensies binnen specifieke domeinen, zoals ruimtelijke ordening (de Omgevingswet). Ook ondersteunt de 3D SIG de implementatie van 3D BRT/TOP10NL en 3D IMGeo, mede in overleg met het Open Geospatial Consortium.

De 3D SIG community in Nederland heeft een LinkedIN groep. Vanuit deze groep is ook contact met de internationale SIG 3D groep.

De ontwikkelingen rond 3D gaan door en de activiteiten gericht op verankering van 3D in de geo-wereld ook. Uiteraard geeft het beschikbaar komen van AHN2 mooie mogelijkheden voor 3D ontwikkelingen in Nederland. En ook Rijkswaterstaat heeft zich aangesloten als initiatiefnemer van de 3D Special Interest Group. De groep initiatiefnemers bestaat daarmee uit Kadaster, Geonovum, Ministerie van IenM en RWS.

De 3D SIG NL heeft onder meer de volgende activiteiten op het programma staan:

- pilot opstarten rond 3D omgevingsplan om aanbevelingen te kunnen doen over hoe om te gaan met 3D in de nieuwe Omgevingswet.
- continue aandacht voor het ontwikkelen van 3D referentieset op basis van BRT/BGT

3D informatie van de omgeving heeft toegevoegde waarde in uiteenlopende situaties. Zo toont 3D informatie hulpdiensten waar er onderdoorgangen zijn in gebouwen en hoe hoog deze zijn, maakt het ontwerpers mogelijk wind- en schaduwberekeningen te maken op de gebouwde omgeving en helpt het waterbeheerders te voorspellen welke straten onderlopen bij hoogwater of extreme regenval. Met de ontwikkeling van 3D standaarden kan 3D informatie veel makkelijker worden uitgewisseld en gebruikt in verschillende toepassingen. Tijdens de 3D pilot zijn verschillende voorbeelden van toepassingen verzameld van 3D omgevingsinformatie.

3.4.3 3Dfier open source software

De 3D Geoinformation groep van TU Delft heeft, in samenwerking met onder andere Kadaster, AMS en STW, open source software ontwikkeld die 2D GIS datasets omzet naar 3D door elke polygoon te verheffen naar 3D: 3Dfier. De output van de software bestaat uit valide 3D data gedefinieerd volgens IMGeo 2.1.1 data. Omdat IMGeo is gedefinieerd als een "Application Domain Extension" van CityGML, is deze output data tevens valide voor CityGML.

De software haalt de hoogte uit een puntenwolk en gebruikt de semantiek van elke polygoon om daadwerkelijk naar 3D te komen. Waterpolygonen worden weergegeven als horizontale polygonen, gebouwen als LOD1 blokken, wegen als egale oppervlakken, enz. Van elke polygoon wordt een TIN gereconstrueerd die onderling worden samengebracht zodat er één sluitend digital surface model (DSM) ontstaat. Hoe dat er uitziet is te zien in een filmpje van de stad Delft dat is gemaakt met behulp van de open datasets BGT en AHN⁹.

(Bron: GEONOVUM <http://www.geonovum.nl/onderwerpen/3d-geo-informatie>)

Diverse ontwikkelingen nodigen waterbedrijven uit om naar een 3D LIS over te gaan. De belangrijkste ontwikkelingen vinden plaats rondom basisregistraties (BAG en BGT), open 3D data (AHN), data standaards (IMKL) en software om 2D data te verrijken naar 3D.

⁹ (zie <http://www.geonovum.nl/onderwerpen/3d-geo-informatie/nieuws/tu-delft-publiceert-open-source-software-die-2d-gis-opwerkt-naar-valide-3d-data>)

4 Opsporingstechnieken

4.1 Inleiding

Om geschikte 3D informatie te verkrijgen moet de ligging in x, y en z eerst bepaald worden. Vóór het inmeten zelf (met GPS, tachymeter of meetband, zie ook Hoofdstuk 5) dient een bestaande leiding eerst te worden opgespoord. Hiervoor zijn diverse methoden beschikbaar en in ontwikkeling.

De inventarisatie van opsporingstechnieken in dit hoofdstuk is hoofdzakelijk gebaseerd op het onderzoek "O10 Kabels en leidingen detecteren zonder graven" van het COB (2011). Daarnaast zijn recente inzichten toegevoegd, mede op basis van een demonstratie van een grondradar systeem door het bedrijf MapXact op 31 augustus 2016. Bovendien wordt ingegaan op de ontwikkelingen rondom relevante inspectietools.

4.2 Methoden

De methoden of mogelijkheden die vaak worden benut om kabels en leidingen in kaart te brengen zijn de volgende:

- Raadplegen van kaarten (LIS, KLIC, analoge kaarten)
- Gebruikmaken van historische informatie (oud werknemers e.d.)
- Gebruikmaken van omgevingsparameters (afsluiters, deksels e.d.)
- Detecteren door middel van proefsleuven
- Detecteren door middel van aanprikken
- Detecteren door middel van radiodetectie
- Detecteren door middel van grondradar

In bijlage I is een matrix opgenomen van de beschikbare technieken en de mogelijkheden. De matrix is ingevuld en opgesteld in samenwerking met technologie aanbieders, leveranciers en aannemers.

4.2.1 Het raadplegen van kaarten

Dit gebeurt natuurlijk meestal vanuit het bestaande LIS of GIS en via KLIC meldingen voor informatie van derden. Analoge kaarten en/of aansluitschetsen zijn hier ook van belang.

4.2.2 Historische informatie (oud werknemers e.d.)

Historische informatie, bijvoorbeeld aanwezig bij oud werknemers, kan worden geraadpleegd bij het verduidelijken van de ondergrondse infrastructuur bij bijvoorbeeld een private locatie. Een ander voorbeeld is de persoonlijke kennis van een 'oude kabelaar' die jaren in een bepaald gebied gewerkt heeft voor een bepaalde branche.

4.2.3 Omgevingsparameters

Een belangrijk aspect dat niet vaak wordt benoemd is de toepassing van omgevingsparameters. Het inventariseren van afsluiters, brandkranen, putdeksels, signaleringspunten (zoals de zwart/gele betonpaaltjes van de Gasunie) maar ook het lichtten van putdeksels, maaiveldverzakkingen, grondsporen (aan maaiveld zichtbaar, maar ook als signalering tijdens het graven van sleuven). Omgevingsparameters kunnen nuttige informatie leveren bij het in kaart brengen van kabels en leidingen. In Engeland is de inventarisatie van putten en lichtten van deksels zelfs verplicht gesteld.

4.2.4 Proefsleuven

De methode van proefsleuven spreekt voor zich. Het is de standaard op dit moment. "Dat wat je ziet dat is de waarheid." Fysiek aangetoond, begrijpbaar en uitvoerbaar door elk persoon

4.2.5 Aanprikken

Aanprikken is een goede optie om (liefst) een enkele leiding te traceren. Deze methode wordt toegepast in slappe bodems als veen of klei. Er zijn diverse prikkers te verkrijgen in metaal of kunststof uitvoering en voor verschillende grondsoorten verschillende 'prikkoppen'. In zandgronden is het gebruik van een spuitlans vergelijkbaar. Hier wordt de holle lans de grond ingebracht met behulp van 'spuitwater'. In sommige gevallen kan het gebruik van een handboor vergelijkbare uitkomsten bieden.

4.2.6 Detectie met behulp van radiodetectie

Bij het overgrote deel van de beschikbare producten berust het systeem op het oppikken van een signaal dat ofwel op de desbetreffende kabel is geplaatst middels een zender dan wel het oppikken van het signaal dat op dat moment op de kabel of leiding aanwezig is. Het kan alleen op signaal voerende, metallische kabels of leidingen worden toegepast.

Een andere methode is het opvangen van een signaal dat via een sonde in de buis wordt uitgezonden. Technische beperkingen bij dit systeem zijn onder andere de bediening van het systeem, invloeden uit de omgeving, zoals zwerfstromen, overspringen van het signaal en bijvoorbeeld toepassing van een sonde, de lengte van de kabel.

Aan radiodetectie systemen en CAT's worden allerlei mogelijkheden toegevoegd om effectiever en intelligenter te meten. Wel zitten er duidelijke verschillen tussen de diverse fabrikanten.

4.2.7 Detectie met behulp van grondradar

Alle producten op dit vlak berusten op het volgende principe: er wordt een signaal uitgezonden en opgevangen. Dit signaal ondervindt tijdens zijn afgelegde weg veranderingen door fysieke veranderingen in de ondergrond. Dit enkele signaal wordt vastgelegd in een bestand en gevisualiseerd op het beeldscherm. Om een visueel beeld te kunnen creëren moeten een reeks signalen achter elkaar worden geplaatst. Op deze wijze ontstaat er een meetprofiel van de afgelegde weg waarover is gemeten. Dit meetprofiel kan vervolgens door een ervaren deskundige worden geïnterpreteerd als een doorsnede van de bodem ter plaatse van de afgelegde weg waar de meting is uitgevoerd. Eventuele laagseparaties bodemveranderingen en objecten worden in deze doorsnede direct op het beeldscherm getoond. In veel gevallen wordt de data opgeslagen om gebruikt te kunnen worden voor ruimtelijke weergave van de ondergrondse infrastructuur.

Grondradar systemen verbeteren zich vooral op het gebied van betere antennes, betere software (o.a. voor beeldherkenning) en snellere verwerking van de resultaten. Systemen waarmee de locatie van pijpleidingen in een traject met een breedte van twee meter met een snelheid van 7 km/h gescand én automatisch verwerkt kunnen worden zijn al beschikbaar.

4.3 Praktijktests COB in 2011

Het Platform Kabels en Leidingen dat deel uitmaakt van het COB heeft het initiatief genomen om de kwaliteit van innovatieve detectietechnieken en het gebruik daarvan vast te stellen. Dit heeft geresulteerd in een verkennend onderzoek waarin is vastgesteld dat er niet één techniek bestaat waarmee een volledige en juiste detecteerbaarheid van alle kabels en leidingen in iedere grondsoort mogelijk is. Daarnaast bleek dat de beschikbare tijd, de

aanpak en de deskundigheid van de gebruiker van detectietechnieken van grote invloed is op de resultaten (COB, 2011)

Een uitgebreide praktijkproef wijst uit dat er grote verschillen zijn tussen werkwijze van de detectiebedrijven tijdens de uitvoering, de voorbereiding en de aanlevering van resultaten.

Bij het detecteren blijkt dat verharding van het oppervlak of een bundeling van kabels een negatieve invloed heeft op de detecteerbaarheid. Ook wijzen de resultaten uit dat detectie van kabels en leidingen in klei minder nauwkeurig is dan in zavel, wat op zijn beurt minder nauwkeurig is dan in zand.

Een vergelijk tussen de meetresultaten die zijn verkregen met radiodetectie en grondradar, laat zien dat de radiodetectie meer nauwkeurige resultaten oplevert, deze techniek is echter alleen toepasbaar op metalen kabels en leidingen, waarop een signaal geplaatst kan worden.

De praktijkproef toont aan dat innovatieve detectietechnieken een grote potentie hebben voor het in kaart brengen van de kabels en leidingen en mogelijk ook andere objecten in de ondergrond. Verwacht wordt dat een verdere verbetering van de detectienauwkeurigheid mogelijk is als detectiebedrijven kwaliteitsverbeteringen doorvoeren. Het is de verwachting dat detectie zonder nagraven of aanprikken niet mogelijk zal zijn. Door de invoering van innovatieve technieken wordt verwacht dat er minder proefsleuven gegraven hoeft te worden en dat de nauwkeurigheid van de plaatsbepaling van kabels en leidingen zal toenemen.(COB, 2011).

4.4 Demonstratie Grondradar door MapXact

Op advies van de DPWE begeleidingsgroep Infrastructuur is aan het bedrijf MapXact gevraagd een demonstratie te verzorgen van hun meest recente grondradar systeem. Omdat de techniek zich snel ontwikkelt is op deze wijze een actueel inzicht verkregen in de mogelijkheden. De demonstratie is op 31 augustus 2016 gehouden op het terrein van Waternet in Nieuwegein (zie figuur 5). Daarbij waren vier van de vijf leden van de projectgroep aanwezig en twee medewerkers van het bedrijf MapXact.



FIGUUR 5 DEMONSTRATIE GRONDRADAR MAPXACT OP HET WATERNET TERREIN NIEUWEGEIN (31 AUGUSTUS 2016).

Het apparaat is de afgelopen tijd vooral compacter en goedkoper geworden. Volgens Gerben Roseboom van MapXact is het doel hiervan vooral om het mogelijk te maken de apparatuur voor elke grondroerder geschikt te maken en als standaard meetinstrument ter beschikking te hebben. Door MapXact werd aangegeven dat men beoogt een landelijke referentiekennisbank op te willen bouwen van ondergrondse situaties zodat het systeem op termijn met snellere en nauwkeurigere interpretaties kan komen, vooral in complexe situaties met kabels en leidingen en in situaties met klei- en veengronden zijn veel referentiesituaties benodigd.

Het bedrijf MapXact is eveneens betrokken bij de ontwikkeling van grondradarsystemen die onder een Quad of kleine Hovercraft zijn gemonteerd. Hiermee is in veel gevallen een snellere inwinning van radarbeelden mogelijk.

4.5 Pilot bij Evides

Binnen Evides is in 2014/2015 een pilot geweest van meerdere leidingdetectiemethoden. Deze pilot was vooral gericht op het vinden van de leiding en niet zozeer de z-coördinaat van de leiding. Uit deze pilot waarin een 10-tal verschillende methoden is onderzocht is ook verschil gemaakt tussen verschillende leidingtypen zoals transport, distributie en aansluitleiding met de daarbij horen verschillende kenmerken van deze leidingen. Uit de resultaten blijkt dat geen enkele techniek nog een 100% betrouwbare lijn op papier kan krijgen waarvan met zekerheid gezegd kan worden dat deze methode de ligging van de leiding gegarandeerd.

Conclusie van deze pilot is dat de beschikbare methoden vooralsnog in combinatie met kaarten, proefsleuven etc. gebruikt moeten worden.

4.6 Inspectietools

4.6.1 Ontwikkeling Intelligente PIG (I-PIG)

PIG's, wat staat voor Pipeline Inspection Gauges, zijn apparaten waarmee metingen kunnen worden uitgevoerd in de leiding. PIG's worden op een punt ingebracht in de leiding en verplaatsen zich met de stroom mee. De techniek is oorspronkelijk ontwikkeld als een prop voor het schoonmaken van een leiding. In de olie- en gasindustrie is dit verder ontwikkeld door de prop te voorzien van meetapparatuur om de leiding te inspecteren. Onder de naam intelligente PIG's is in 2016 een project gestart dat wordt gefinancierd door STOWA, Rioned en de drinkwaterbedrijven om technieken die oorspronkelijk in de olie- en gaswereld zijn ontwikkeld ook in te zetten voor drinkwaterleidingen en persriolen. Overigens is de scope van dit project zo ver verbreedt dat alle inwendige inspectietechnieken beschouwd worden, evenals locatiebepaling. De doelstelling van het project is verwoord als: 'de ontwikkeling van inspectietools waarmee afvalwaterpers- en drinkwaterleidingen over een langere lengte, in-line, zijn te inspecteren om daarmee de toestand van de leiding nauwkeurig vast te stellen'.

Het project bevindt zich (jan 2017) in de opstartfase. In 2017 zal er een eerste fase worden uitgevoerd met als beoogde resultaten,

1. de randvoorwaarden voor de ontwikkeling van diverse leidinginspectietools;
2. Selectie van leidinginspectietools en partijen voor verdere ontwikkeling;
3. Definitie van de onderdelen van het vervolgproject;
4. Projectplan voor het vervolgproject;
5. Kostendekkingsplan;
6. Overeenkomsten voor het vervolgproject.

In het vervolg van dit project zullen ontwikkelaars van inspectie- en locatiebepalingstechnieken worden betrokken met als doel het ontwikkelen van meerdere inspectietechnieken voor drinkwaterleidingen en persriolen. De afronding van deze fase is voorzien voor 2019. Hierbij wordt gefocust op grotere leidingen, ongeveer vanaf 250 mm, aangezien een zekere diameter noodzakelijk is zodat een inspectieapparaat in de leiding past. Daarnaast geldt dat de kosten van inspectie relatief hoog zijn en dat daarom voor kleinere en dus goedkopere leidingen geldt dat de kosten van inspectie niet opwegen tegen het voordeel van uitstel van vervanging.

4.6.2 Ontwikkeling Autonome Inspectie Robot (AIR)

Assetmanagement van het leidingnet drijft momenteel op generieke kennis en modellen van leidinggroepen, aangevuld met inspectiegegevens van een beperkt aantal leidingen. Momenteel worden inwendige leidinginspecties slechts incidenteel uitgevoerd omdat met name het inbrengen en uitnemen van inspectietools een grote impact heeft (kosten, overlast voor de omgeving, hygiënische risico's).

Autonome inspectierobots blijven voor veel langere tijd in het leidingnet en bieden derhalve een oplossing voor dit probleem. Het toepassen van autonome inspectierobots is een manier om gedetailleerde informatie over de toestand van grote hoeveelheden leidingen vanaf 100 mm diameter te verkrijgen. Dit leidt uiteindelijk tot gerichtere saneringen, reductie in lekverlies en storingen, en een betere systeemkennis ook qua waterkwaliteit. Ontwikkeling

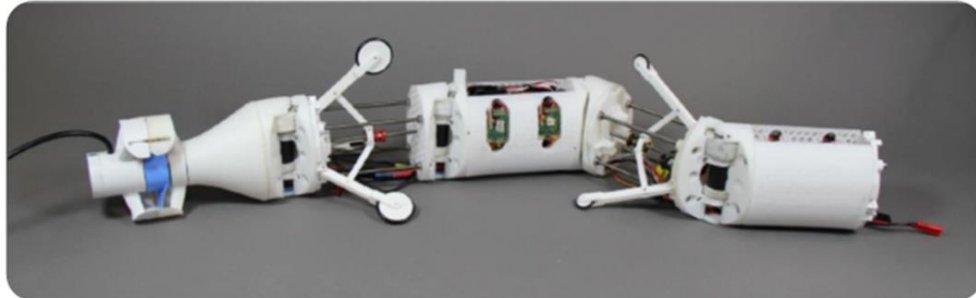
van autonome inspectierobots blijkt in een aanzienlijke mate te voorzien in bij de waterbedrijven bestaande behoeften.

In een samenwerking tussen KWR en Wetsus is in het najaar van 2014 het project Ariel geïnitieerd. In dit project zijn de eerste stappen gezet in de ontwikkeling van een autonome inspectierobot.

Opbrengst van 'AIR' is een prototype van een autonome inspectie robot die succesvol is getest onder realistische condities. De AIR zal de Nederlandse drinkwaterbedrijven in staat stellen om een veel groter deel van hun netwerk inwendig te inspecteren tegen acceptabele kosten, risico's en overlast op de omgeving.

Volgens de meest recente specificaties zal de AIR in staat zijn om de x, y, z positie nauwkeurig te bepalen door toepassing van gyroscopische sensoren, de AIR wordt ontworpen voor leidingen met een minimale inwendige diameter van 100 mm (Thienen 2016).

The prototype



FIGUUR 6 EEN EERSTE PROTOTYPE AIR (AUTONOME INSPECTIE ROBOT.)

5 Werkprocessen en z-coördinaat

5.1 Inleiding

Eén van de hoofdvragen in dit onderzoek betreft de mogelijkheden voor de DPWE bedrijven om registratie van de z-coördinaat in de werkprocessen en in het LIS op te nemen. Om inzicht te krijgen in de problemen bij een dergelijke registratie is informatie verzameld over de huidige werkprocessen en is de projectgroep leden gevraagd hun visie te geven op de mogelijkheden en beperkingen van het huidige LIS bij het bedrijf. Hiertoe zijn ook collega's en in een enkel geval een leverancier (Esri) benaderd.

In dit hoofdstuk worden de relevante huidige werkprocessen op hoofdlijnen beschreven en vergeleken. Er wordt niet in detail ingegaan op de aanwezige ICT architectuur, dit is uiteraard zeer bedrijfsspecifiek. Achtereenvolgens worden de volgende onderwerpen behandeld:

1. Voorschriften diepteligging van leidingen
2. Meetvoorschriften leidingen
3. CAD, GIS en LIS software

In hoofdstuk 6 wordt ingegaan op de visie en oplossingsrichtingen om tot een registratie van z-waarden te komen.

5.2 Voorschriften diepteligging leidingen

5.2.1 Nederlandse richtlijn

De benodigde diepteligging of gronddekking heeft betrekking op de vorstvrije ligging van leidingen. Dit is mede afhankelijk van de grondsoort en de grondwaterstand ter plaatse. In opdracht van het Platform Bedrijfsvoering is een richtlijn uitgegeven door KWR Waterkieken Research Instituten (Meerkerk en Mesman, 2010). De richtlijn geeft voor de Nederlandse omstandigheden nadere invulling aan de eisen van de Europese norm NEN-EN 805:2000 voor leidingnetten. Een willekeurige door het nationale (NEN), Europese (CEN) of mondiale (ISO) normalisatie-instituut uitgegeven norm is in Nederland vrijwillig en heeft niet de status van (wettelijk) bindend voorschrift.

In de richtlijn is aangegeven dat de sleuf zo diep uitgegraven moet worden dat de leiding vorstvrij ligt en voldoende is beschermd tegen te grote opwarming. In de NEN 7171-1:2009 zijn de eisen voor dekking beschreven als: 'Eisen voor de dekking worden gesteld in andere normen of voorschriften van individuele netbeheerders. De gewenste dekking kan mede afhankelijk zijn van de wanddikte en de ligging van het desbetreffende net. Een en ander kan tussen de netbeheerder en eigenaar of beheerder van de ondergrond worden afgestemd.' Tevens is aangegeven dat waterleidingen vorstvrij moeten worden aangelegd en moeten liggen. Afhankelijk van de geografische omstandigheden is hiervoor een dekking noodzakelijk van ten minste 0,80 tot 1,0 m. (Pieterse-Quirijns, 2011)

5.2.2 Normen bij de DPW bedrijven

Dunea

In het Handboek Distributienetten van Dunea (Methoden & Materialen Distributieplatform) is onder het hoofdstuk "Tracékeuze en sleufdoorsnede" aangegeven hoe groot de voorgeschreven gronddekking is per gemeente. In de meeste gemeenten bedraagt de

voorgeschreven gronddekking 0,90 m en in Den Haag 1,00 m. In het verleden werd in de kuststrook zelfs 1,10 m gehanteerd in verband met de ligging in droog duinzand waardoor de indringingsdiepte van de vorst groter is.

De veel toegepaste gronddekking van 0,90 m is enerzijds ingegeven door financiële overwegingen (graafkosten en evt. kosten bemaling) en anderzijds door de mogelijkheid van het zakken van de leiding in verband met de aanwezigheid van een slappe bodem. In Nieuwerkerk a/d IJssel bijvoorbeeld is in het handboek een gronddekking van 0,70 m opgenomen. In dit geval van zettingsgevoelige grond neemt de gronddekking in de tijd toe en wordt zo voorkomen dat al weer snel overgegaan moet worden tot het kostbare 'rijzen' van de leiding. Accepteren dat ophoging van de omgeving wordt uitgevoerd zonder zelf 'mee te gaan' betekent ook een toename van de gronddekking.

De aanwezigheid van andere leidingen, objecten en dergelijke kan het noodzakelijk maken om voor het kruisen hiervan plaatselijk af te wijken van de normale gronddekking.

PWN

Distributieleidingen worden bij PWN volgens het "Handboek Aanleg Leidingen" gelegd met een gronddekking van 1,00 m. Er zijn maatregelen beschreven in het geval de gronddekking door natuurlijke (zetting leiding) of kunstmatige (ophoging) oorzaken meer is geworden dan 1,00 meter, en voor situaties waarbij de gronddekking minder is geworden dan 1,00 meter. Leidingen met een gronddekking van minder dan 0,75 m of meer dan 1,5 meter worden in de regel gesaneerd.

Waternet

In Amsterdam geldt sinds 1 oktober 2009 de verordening Werken in de Openbare Ruimte (WIOR, 2009). Hierin staan algemene uitvoeringsvoorschriften, waaronder tracébeplanning, waar partijen die werkzaamheden uitvoeren zich aan moeten houden. Relevante NEN normen zijn hiervoor van toepassing. De minimale dekking voor waterleidingen is 1,00 m voor transportleidingen en 0,80 m voor distributieleidingen.

Waternet hanteert als richtlijn dat leidingen die ondieper liggen gesaneerd worden. Indien leidingen dieper liggen dan 1,00 m wordt niet overgegaan tot rijzen.

Evides

In het verzorgingsgebied van Evides is de gronddekking variabel. Als minimum geldt een gronddekking van 0,7 m.

5.3 Meetvoorschriften leidingen

5.3.1 KLO Meetbestek

Ten behoeve van eenduidige informatievoorziening voor grondroerders vanuit het KLIC systeem heeft het KLO in 2010 een advies opgesteld voor een uniforme wijze van inmeten van kabels en leidingen (zie Bijlage II). Vanuit de waterbedrijven namen Brabant Water en Vitens deel in de werkgroep.

Het meetbestek is geldig bij alle meetwerkzaamheden, ofwel inwinning, door of voor de netbeheerders. Er wordt onderscheid gemaakt in de eisen voor terrestrische precisie (in het buitengebied of grotere inbreidingslocaties) en grafische precisie (inpassing in de GBKN, nu de BGT). Deze grafische precisie vindt plaats door inpassing in de harde topografie met minimaal 4 aansluitpunten (zoals voorgevels).

Bij terrestrische precisie moet met GPS of tachymetrie worden ingemeten. Voor grafische precisie mag ook met meetband worden ingemeten.

De kwaliteitseisen na het meet en verwerkingsproces (toetsing en mogelijk vereffening conform HTW 1996 Kadaster) zijn:

- bij terrestrische precisie: 10 cm
- bij grafische precisie in bebouwde kom: 28 cm
- bij grafische precisie buiten de bebouwde kom: 56 cm

In het meetbestek zijn geen specifieke eisen voor de z-coördinaat opgenomen.

5.3.2 Meetbestekken DPWE bedrijven

De meetbestekken van de waterbedrijven zijn geïnventariseerd en vergeleken. Hieruit blijkt dat er grote verschillen zijn in de mate van detaillering en uitwerking van deze bestekken. De "Waterleiding Technische Standaard" van Evides bevat een uitgebreide beschrijving van zowel meet- als tekenvoorschriften waarbij onderscheid wordt gemaakt in ontwerp en 'as built' situaties bij regulier (tot 350 mm PE of PVC) en niet regulier leidingwerk. In het uitgebreide "Handboek meet- en revisieprotocol" van Dunea wordt onder meer expliciet aangesloten bij het meetbestek van het KLO. De richtlijnen van Waternet en PWN bestaan meer uit aanwijzingen in de vorm van praktische checklists.

In de voorschriften zijn eisen opgenomen ten aanzien van de x, y, en (meestal) z nauwkeurigheden. In tabel 2 is een overzicht van de, voor dit onderzoek, meest relevante eisen opgenomen. Verbijzonderingen voor leidingappendages, kathodische bescherming etc. zijn uit het overzicht weggelaten. Tenzij anders vermeld geldt voor de x, y en z metingen dat daarbij "midden bovenkant buis" wordt aangehouden.

TABEL 2 RELEVANTE EISEN UIT MEETVOORSCHRIFTEN

Bedrijf/object	Opm	Nauwk. XY	Nauwk. Z	Z Ref.vlak	Meetinterval
Evides - leidingen - aansluitleidingen - zakbaken - zinkers - boringen - maaiveld - leiding derden	Kruisend /Naast	0,02 m 0,10 m 0,02 m 0,02 m 0,02 m 0,02 m 0,02 m	0,05 m 0,05 m 0,001 m 0,05 m 0,05 m 0,05 m 0,05 m	NAP NAP NAP peilmerk NAP NAP NAP	Las, koppeling Max. 10 m Regulier om de 5 m* Ten behoeve van tekening enkele metingen
Dunea - leidingen - zinkers - boringen - maaiveld	digitale meting analoge meting	0,05 m 0,10 m - - -	0,10 m - - - -	Maaiveld of NAP NAP NAP NAP NAP	z coörd. alleen als van standaardprofiel wordt afgeweken Max. 25 m Max 1 m Max 1 m Incidenteel
PWN - leidingen - zinkers - peilbuizen - boringen		- - - -	- 0,10 m 0,10 m 0,10 m	- - - -	- - - -
Waternet - leidingen - zinkers - boringen		0,05 m 0,05 m 0,05 m	0,05 m 0,05 m 0,05 m	NAP NAP NAP	- - -

In de praktijk wordt tegenwoordig meestal met RTK-GPS gemeten, dit betekent dat in de meeste gevallen ook de z-coördinaat beschikbaar is, ook als het waterbedrijf dit volgens de meetvoorschriften niet vereist.

Van ieder lijnstuk zijn de x, y en z-coördinaten van begin- en eindpunt (vertices) beschikbaar. De maximale lengte van één lijnstuk is door enkele waterbedrijven voorgeschreven in de meetrichtlijnen. In alle gevallen worden verbindingstukken als begin/eindpunt van een lijnstuk behandeld.

5.4 Registratie in CAD, LIS, GIS

De metingen die door het waterbedrijf zelf of door aannemers worden verricht, worden in CAD systemen (zoals Autocad, Microstation) uitgewerkt en als tekening aangeleverd. De

digitale bestanden van de metingen worden als DXF, DWG of DGN bestanden geleverd. Dit zijn vectorbestanden waarin een vooraf afgesproken lagenstructuur en coderingen voor objecten (leidingen, appendages, etc.) is aangebracht.

In deze CAD bestanden worden aansluitende lijnstukken vaak samengevoegd tot één polyline, het "LIS segment" met een unieke identificatiecode (ID). Indien de aansluitende lijnstukken een rechte lijn vormen gaat de vertex, en dus de positie van een verbindingsstuk, verloren. Bij koppelingen, materiaalovergangen etc. wordt in de regel een nieuw LIS segment gevormd. De geometrie van één LIS segment is dus opgebouwd uit twee of meer vertices. In dit proces worden op dit moment alleen de X en Y coördinaten overgebracht in LIS.

Via specifieke "Extract, Transfer & Load" (ETL) tools worden de CAD bestanden met LIS segmenten (en andere gevormde objecten zoals afsluiters, brandkranen) geconverteerd naar een geschikt RDBMS zoals Oracle Spatial, via ArcSDE of Smallworld NRM. Per LIS segment (of ander object) worden attribuutwaarden (eigenschappen zoals leidingmateriaal, diameter, jaar van aanleg etc.) in de database opgenomen bij het bijbehorende ID van het object.

De meeste waterbedrijven werken toe naar vastlegging van leidinginformatie in één database waar alle applicaties gebruik van maken. Tot nu toe is het voor een aantal applicaties echter nodig aparte databases in de lucht te houden. Deze worden dan (bijvoorbeeld in de nacht) gesynchroniseerd.

Zoals eerder beschreven groeit de wens van waterbedrijven om ook de derde dimensie in het LIS/GIS op te nemen. In het volgende hoofdstuk wordt nader ingegaan op de te maken keuzes hierbij.

6 Visie en oplossingsrichting

6.1 Visie

De DPWE waterbedrijven zien het toevoegen van de derde dimensie aan hun LIS als een noodzakelijke ontwikkeling op de middellange termijn (5-10 jaar). PWN wil hier mogelijk op kortere termijn al meer vorm en inhoud aan geven. De noodzaak komt voort uit zowel interne als externe behoefte aan gedetailleerde informatie over de ligging van leidingen (zie hoofdstuk 2). Zoals eerder aangegeven (in Hoofdstuk 5) worden er al wel z metingen uitgevoerd, in tekeningen weergegeven en/of gerapporteerd. Vastlegging in LIS vindt echter nog niet plaats en men ziet dit steeds vaker als een gemiste kans.

Registratie van transport- en distributieleidingen in 2,5 D wordt als voldoende beschouwd, dit betekend één z waarde per x, y positie. Volledige 3D geometrie zou inhouden dat de leiding als buis wordt geregistreerd, dit wordt als onnodig en (voorlopig) onhaalbaar geacht in verband met systeemeisen (rekenkracht, geheugen).

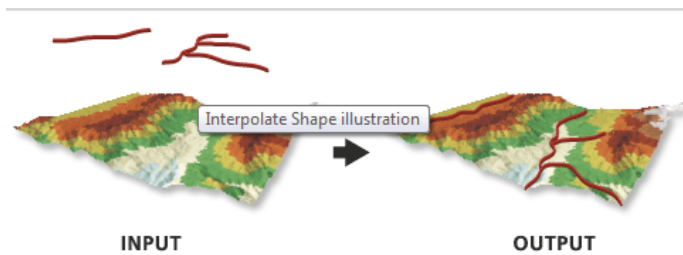
In het geval van een leiding wordt de bovenkant van de buis ingemeten, ter voorkoming van graafschade is dit ook de belangrijkste maat. Bij veel van de huidige meettechnieken (met GPS inmeten 'as built', proefsleuven, aanprikken) is dit uiteraard ook de meest logische dieptemaat, in de toekomst is dit mogelijk anders als er gebruik wordt gemaakt van leidingrobots of radiodetectie met een sonde. In dat geval is mogelijk een correctie nodig voor de straal of diameter van de buis.

6.2 Oplossingsrichting

Het is niet haalbaar om in één keer over te gaan op een complete registratie van de z-coördinaat. Dit zou zeer hoge kosten met zich meebrengen voor het inwinnen en verwerken. Om op termijn meer inzicht te krijgen in de diepteligging van leidingen kan worden uitgetaan van de volgende gefaseerde aanpak:

1. Registreer van nieuwe metingen ook de z-coördinaat (t.o.v. NAP) in het LIS met vermelding van de datum van inwinning. Gebruik de positie van verbindingstukken als vertex;
2. Voor bepaalde actuele (project)gebieden kan een inhaalslag waardevol zijn; vanuit de nog aanwezige CAD bestanden kunnen z-coördinaten van vertices (veelal verbindingstukken) alsnog worden ingelezen. Dit vereist extra werkprocedures en controlestappen omdat de LIS segmenten opnieuw worden aangemaakt. Bovendien moet rekening worden gehouden met mogelijke afwijkingen ten gevolge van bodemzettingen die sinds het inmeten zijn opgetreden;
3. Voor het overige, maar voorlopig grootste deel van de leidingen en appendages kunnen aannames voor de z-coördinaat worden gedaan op basis van de NAP hoogte van het maaiveld (uit het AHN2 of AHN3) en de lokaal geldende waarde voor de gronddekking (bijv. 0,8 m in gemeente A en 1,0 m in gemeente B). Zie ook het tekstblok hieronder;

Voor deze verrijking van het LIS kunnen GIS methoden zoals Interpolate Shape in 3D Analyst van ArcGIS worden ingezet. Bij deze methode worden naar keuze extra vertices gegenereerd of wordt een gemiddelde voor het hele LIS segment bepaald.



Figuur 7 Interpolate shape maakt 3D polylines op basis van 2D polylines en een terreinmodel. Als alternatief zou mogelijk de RDefier van de TUDelft kunnen worden gebruikt, dit is open source software (zie ook paragraaf 3.4.3).

4. Voor zinkers en boringen gelden uitzonderingen, de z-coördinaten hiervan dienen nog afzonderlijk vanaf tekening te worden verwerkt in het LIS;
5. Bij alle werkzaamheden moeten x, y, z metingen worden uitgevoerd en verwerkt in het LIS;
6. Positiemetingen door inspectierobots (IPIGS, AIR, etc.) worden toegevoegd.

Via deze stappen kan uiteindelijk een volledig dekkend 2,5 D LIS worden gegenereerd voor transport en distributieleidingen. Nieuwe metingen kunnen geïnterpoleerde waarden (zie stap 3) vervangen.

6.3 Maaiveld en actualiteit z-coördinaat

In verband met de praktische toepasbaarheid bij graafwerkzaamheden is het van belang om naast de z-coördinaat ten opzichte van NAP ook een diepte ten opzichte van maaiveld in het LIS op te nemen. Hiertoe kan van alle vertices de waarde van de AHN-kaart worden opgenomen. Dit is dan een benadering die bij meting in het veld kan worden overschreven door een gemeten gronddekking. Het bijhouden van de actualiteit en methode van inwinning of interpolatie van de z-coördinaat is eveneens van groot belang. Zeker in gebieden met zettingsgevoelige bodem of ondergrond is de 'houdbaarheid' van een diepteligging beperkt.

6.4 Z-coördinaat in GIS

6.4.1 In de geometrie

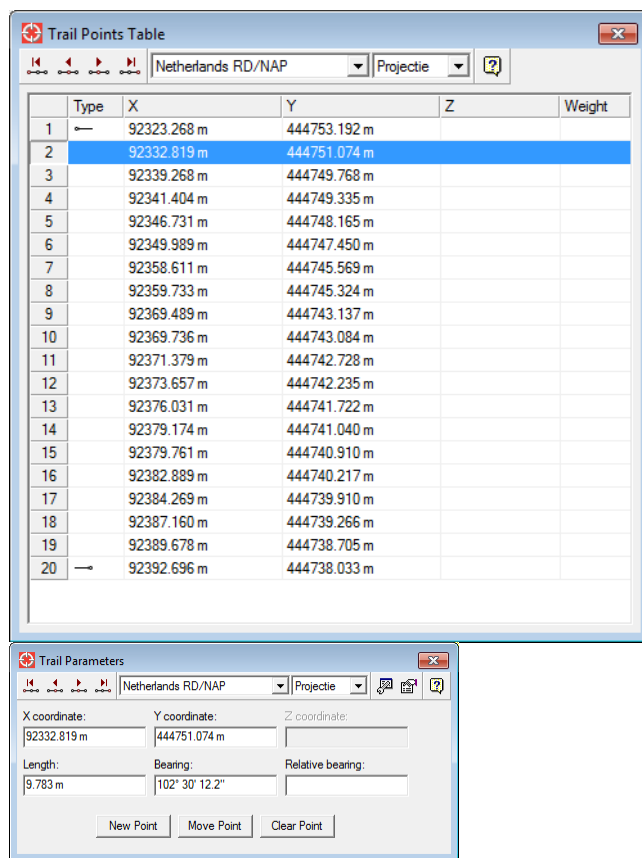
De uiteindelijke registratie van de diepteligging is software afhankelijk. In de meeste GIS softwarepakketten is het wel mogelijk om de derde dimensie in de geometrie van punt, lijn of vlak in te lezen en 3D objecten te visualiseren¹⁰. In het geval van lijnen is er dan sprake van een 3D polyline, in ArcGIS ook wel als PolylineZ aangeduid. De keuze voor vastlegging

¹⁰ Het 'editen' en analyseren in 3D is vaak beperkt. In ArcGIS is vanaf versie 10 ook 3D editing mogelijk.

als een PolylineZ houdt in dat er veel meer LIS segmenten moeten worden aangemaakt, naar schatting (op basis van enkele LIS segmenten bij Evides) 5 tot 10 keer zoveel. De stap van het samenvoegen van lijststukken in CAD (zie par. 5.4) wordt dan echter overbodig. Deze aanpak zal naar verwachting zorgen voor een zwaardere belasting van de ICT systemen en mogelijk is er meer capaciteit (Fte's) nodig voor gegevensbeheer. Op deze wijze worden overigens ook direct de posities van verbindingstukken meegenomen, deze vormen namelijk de vertices van het LIS segment.

6.4.2 Als attribuutwaarde

De diepteligging kan in softwarepakketten en databases als attribuut worden geregistreerd, dus bijvoorbeeld als eigenschap gekoppeld aan een leiding. In Smallworld NRM kan de z waarde bovendien ook als attribuut aan elke vertex worden gekoppeld (zie fig. 8), dat is een bijzondere maatwerkfunctionaliteit. De z-waarde maakt hier echter geen deel uit van de geometrie (Mark van der Hurk, CGI, pers. comm. 26 oktober 2016).



Type	X	Y	Z	Weight
1	92323.268 m	444753.192 m		
2	92332.819 m	444751.074 m		
3	92339.268 m	444749.768 m		
4	92341.404 m	444749.335 m		
5	92346.731 m	444748.165 m		
6	92349.989 m	444747.450 m		
7	92358.611 m	444745.569 m		
8	92359.733 m	444745.324 m		
9	92369.489 m	444743.137 m		
10	92369.736 m	444743.084 m		
11	92371.379 m	444742.728 m		
12	92373.657 m	444742.235 m		
13	92376.031 m	444741.722 m		
14	92379.174 m	444741.040 m		
15	92379.761 m	444740.910 m		
16	92382.889 m	444740.217 m		
17	92384.269 m	444739.910 m		
18	92387.160 m	444739.266 m		
19	92389.678 m	444738.705 m		
20	92392.696 m	444738.033 m		

X coordinate:	Y coordinate:	Z coordinate:
92332.819 m	444751.074 m	
Length:	Bearing:	Relative bearing:
9.783 m	102° 30' 12.2"	

FIGUUR 8 VERTICES IN SMALLWORLD NRM (DUNEA) MET RUIMTE VOOR Z COORDINAAT ALS ATTRIBUUT

Door de diepteligging als attribuut te registreren, is de diepte wel in het systeem aanwezig, maar kan het object niet als 3D geometrie worden bevraagd. Attribuutvelden kunnen meestal vrij eenvoudig worden toegevoegd aan de databases zodat er bijvoorbeeld meerdere typen Z waarden kunnen worden geregistreerd (begin, midden, eind etc.). Dit is echter niet aan te bevelen vanwege de integriteit van de databases; in de praktijk treden hierbij snel fouten op.

6.4.3 Als 'event' langs een 'PolylineM' leiding

Behalve vastlegging van een z-coördinaat als attribuut of in de geometrie is er in sommige GIS software nog een derde mogelijkheid. In ArcGIS is het bijvoorbeeld mogelijk om gebruik te maken van "Linear Referencing" en "Dynamic Segmentation" (zie bijlagen III en IV). Dit houdt in dat er eigenschappen/metingen kunnen worden gekoppeld op willekeurige posities langs een polyline zonder dat de geometrie van de polyline wordt gewijzigd; er komen geen vertices bij op deze posities. Voorwaarde hiervoor is dat de polylines omgevormd worden tot PolylineM (Measure). Dit kan bijvoorbeeld door routes te definiëren in het netwerk van polylines. Langs elke route kan de afstand vanaf het beginpunt worden bepaald, deze afstandsmaat wordt gebruikt om punten (gebeurtenissen of metingen) te koppelen aan de betreffende polyline in die route. Deze techniek wordt al veel gebruikt in netwerken van (spoor)wegen, bijvoorbeeld bij kilometrering of nummering van baanvakken. Bas Boers (PWN) heeft bij Esri Nederland geïnformeerd naar de mogelijke toepassing van deze technieken voor het registreren van de z-coördinaat. In theorie lijkt dit mogelijk, het is echter nog niet eerder op deze wijze toegepast. Interessant aspect van deze techniek is dat nieuwe metingen eenvoudig kunnen worden toegevoegd als zogenaamde 'event tables'. Zeker in het geval van frequente metingen in zettingsgevoelige gebieden (met een toekomstige leidingrobot bijvoorbeeld) geeft dit een grote flexibiliteit voor monitoring.

7 Conclusies en aanbevelingen

7.1 Conclusies

Waarom een 3D LIS

- Betere informatie over de ligging (x, y en z) van kabels en leidingen kan zorgen voor het terugdringen van graafschade. Dit geldt ten minste voor 13 % van alle gevallen van graafschade onder alle netbeheerders (KLO, 2015).
- Bij waterbedrijven vindt graafschade door derden in 66% van de gevallen plaats bij aansluitleidingen (KLO 2015).
- De liggingsgegevens van aansluitleidingen zijn meestal nog niet digitaal beschikbaar.
- Een goede terugkoppeling van afwijkende ligging van drinkwaterleidingen kan op de langere termijn een bijdrage leveren aan het beperken van graafschade, mits in een goede registratie van de x, y en z coördinaten is voorzien.
- Graafkosten nemen toe met de diepte en de aanwezigheid van grondwater. Door een beter inzicht in de ligging van leidingen is een betere inschatting van kosten voor aanleg en onderhoud mogelijk.
- Goede informatie met betrekking tot de (diepte)ligging van de kabels en leidingen is essentieel voor een goede afweging om al dan niet mee te gaan met werkzaamheden van derden. Het werk van derden kan bijvoorbeeld een risico vormen voor de integriteit van de leiding of toekomstige liggingsproblemen veroorzaken.
- De beschikbaarheid en het gebruik van data met de geografische ligging (x, y en z-coördinaten) van leidingen, omgevingskenmerken, storingen en inspecties biedt de mogelijkheid om GIS-analyses uit te voeren. Informatie afkomstig uit verschillende bronnen, kan nu in samenhang geanalyseerd worden. Hiermee zijn betere beslissingen mogelijk, bijvoorbeeld over het saneren van leidingen.
- Vooral bij het bepalen van de invloed van bodemtemperatuur op de temperatuur van het water in de leidingen speelt de exacte diepte een grote rol.

Overheid en 3D GIS

- Vastlegging van de diepte van kabels en leidingen is vooralsnog niet wettelijk verplicht.
- Door stimulans van de overheid komen zowel 3D informatie als standaarden en technieken voor het werken met 3D informatie steeds breder beschikbaar. Hierbij vindt ook verdere afstemming tussen Bouw Informatie Modellen (BIM) en 3D GIS plaats.
- Het vrijgeven van het AHN als open data (sinds 2015) heeft een grote impuls gegeven aan het ontwikkelen van 3D GIS toepassingen in Nederland. De focus ligt daarbij op toepassingen boven maaiveld.

Detectie en inmeten

- Met grondradar en radiodetectie (metalen leidingen of met sonde) kan door een ervaringsdeskundige een nauwkeurigheid van circa 5 centimeter in de z-richting worden gehaald. In complexe situaties en in vochtige bodems of kleibodems blijft het nodig middels aanprikken en proefsleuven een verificatie uit te voeren.
- In de toekomst kan door de inzet van (autonome) inspectierobots de x, y, z positie (hart van de leiding) worden bepaald. Dit kan met behulp van gyroscopen nauwkeurig (tot op enkele centimeters) worden bepaald in leidingen met een grotere diameter (> 100 mm).

- In meetbestekken van het Kadaster en het KLO zijn geen specifieke eisen voor de z-coördinaat opgenomen.
- De meetbestekken van de DPWE bedrijven zijn geïnventariseerd en vergeleken. Hieruit blijkt dat er grote verschillen zijn in de mate van detaillering en uitwerking van deze bestekken. Enkele bestekken bevatten eisen ten aanzien van de nauwkeurigheid van de z-coördinaat.
- In de praktijk wordt tegenwoordig door aannemers meestal met RTK-GPS gemeten, dit betekent dat in de meeste gevallen ook de z-coördinaat beschikbaar is, ook als het waterbedrijf dit volgens de meetvoorschriften niet vereist.
- In het geval van een leiding wordt de bovenkant van de buis ingemeten, ter voorkoming van graafschade is dit de belangrijkste maat.
- Bij de verwerking van de metingen in CAD en LIS wordt de z-coördinaat nu nog niet opgenomen.

Visie en oplossingsrichting

- De DPWE waterbedrijven zien het toevoegen van de derde dimensie aan hun LIS als een noodzakelijke ontwikkeling op de middellange termijn. PWN wil hier mogelijk op kortere termijn al meer vorm en inhoud aan geven.
- Registratie van transport- en distributieleidingen in 2,5 D wordt als voldoende beschouwd, dit betekend één z waarde per x, y positie, bij voorkeur bij elk verbindingstuk. Volledige 3D geometrie zou inhouden dat de leiding als buis wordt gemodelleerd, dit is onnodig en nu niet haalbaar.
- Voor de registratie van de z-coördinaat in LIS zijn meerdere methoden aangegeven (als attribuut, in de geometrie of als 'event'). Deze methoden zijn in het kader van dit onderzoek niet in de praktijk getest.

Samenvattende conclusie

Er is geen wettelijke verplichting voor het registreren van de z-coördinaat van kabels en leidingen. Er is wel sprake van een zekere stimulans vanuit INSPIRE en de Nederlandse overheid om over te gaan op een 3D registratie, bijvoorbeeld door de introductie van 3D standaarden en software tools.

Waterbedrijven en andere netbeheerders kunnen op basis van 3D registratie betere beslissingen nemen over aanleg en beheer van leidingen. Het is echter nog niet mogelijk om te bepalen of de extra inspanning voor een 3D registratie opweegt tegen mogelijke beperking van graafschade, graafkosten, onderhoudskosten en saneringskosten. De eisen aan nauwkeurigheid en actualiteit van de metingen kunnen per doel, toepassingsgebied of regionaal (bodem, zettingen) verschillen.

7.2 Aanbevelingen

Aanbevolen wordt om in een meerjarige praktijktest ervaring op te doen met 3D¹¹ registratie, bij voorkeur in samenwerking met andere netbeheerders en gemeente¹². Gedurende de praktijktest kan zowel ervaring worden opgedaan met de voorgestelde gefaseerde aanpak waarbij een steeds nauwkeuriger vastlegging in 3D ontstaat (zie par. 6.2.) als met diverse methoden van registratie in LIS (als attribuut, in de geometrie of als 'event'). Gedurende de meerjarige praktijktest kunnen ook kleinere demonstratie- of pilotprojecten worden uitgevoerd die gericht zijn op de meest veelbelovende en doorontwikkelde opsporings- en

¹¹ Feitelijk wordt hier een 2,5 D registratie bedoeld (zie par. 6.1 voor een uitleg)

¹² Enkele grote gemeenten (Den Haag, Rotterdam) zijn vooruitstrevend met 3D geo-informatie, mogelijk kan hierbij worden aangesloten door keuze van het pilotgebied binnen deze gemeenten.

meettechnieken zoals grondradar, radiodetectie en in combinatie met inspectie door leidingrobots.

In de test kunnen eventueel ook meer aspecten worden betrokken zoals het vastleggen van het type leidingverbinding in het LIS.

De praktijktest vormt tevens een 'business case', die bijvoorbeeld 2 of 3 jaar in beslag neemt en moet uitwijzen of 3D registratie rendabel is. Ook zal duidelijker moeten worden welke nauwkeurigheid en meetfrequentie nodig is om de beoogde meerwaarde te halen én welke opsporings- en meettechnieken hieraan kunnen voldoen (techniek en kosten). Aanbevolen wordt om voor het LIS een aparte testomgeving in te richten waar diverse registratiemethoden kunnen worden getest.

8 Referenties

Eijk, R. van en K. van Daal, Storingen als gevolg van graafwerkzaamheden, Ruimtelijke analyse van USTORE gegevens, DPW 2013.093, KWR Watercycle Research Institute, Nieuwegein.

KLO (2012). KLO werkgroep “analyseren graafschades”. Bevindingen netbeheerders. Presentatie. 2012.

KLO (2015). Analyse graafschades 2012-1e helft 2014. Bevindingen o.b.v. schaderegistraties van netbeheerders.

Ravesteijn, van et. al. (2011) Kabels en leidingen detecteren zonder graven, COB O10_ER_11_47157

Skornsek, J., 2011, Informatiebehoefte saneringsbeleid en GIS, BTO 2011.055, KWR Watercycle Research Institute, Nieuwegein.

Skornsek, J., 2015, Meerwaarde Geo Informatie voor Kennissysteem Levensduurbepaling leidingen, BTO 2015.083, KWR Watercycle Research Institute, Nieuwegein.

Pieterse-Quirijns, I., R. de Groot (Waternet), Y. de Rijck (PWN), K. Ruijg (Dunea) Diepteligging van leidingen, A308483 (2010), KWR Watercycle Research Institute, Nieuwegein.

Thienen, van P. et. al. (2016) Perspectief en randvoorwaarden voor de ontwikkeling en toepassing van autonome inspectierobots voor waterleidingen, BTO 2016.013, KWR Watercycle Research Institute, Nieuwegein.

Bijlage I Matrix opsporingstechnieken

Om inzicht te verkrijgen in de voor- en nadelen van de verschillende eerder genoemde mogelijkheden, is een matrix opgesteld waarin deze tegen elkaar worden uitgezet. Deze matrix is opgebouwd door op de horizontale balk de diverse mogelijkheden uiteen te zetten tegen de verschillende criteria op de verticale balk. De verschillende criteria en subcriteria zijn in relatie met de praktijk gebracht. Zodoende zijn bijvoorbeeld de afmetingen en diepteligging van kabels met een doorsnede van 5 cm op een diepte groter dan 2 meter niet behandeld omdat dit in de regel niet voorkomt. Deze informatie is verkregen uit gesprekken met ervaren kabelaanemers als BAM-IT, Infranova en VolkerRail.

De matrix heeft een aantal functies;

1. Een leek inzicht te verschaffen in de mogelijkheden per techniek;
2. Een opdrachtgever een controlelijst in handen te geven waarmee hij zich kan beschermen tegen ondeskundige onderaannemers
3. En de belangrijkste functie; duidelijk maken dat kabels en leidingen niet worden opgespoord door techniek x of y, maar dat er diverse parameters van invloed zijn op de techniekeuze en dat het kennisniveau van de aanbiedende partij doorslaggevend is.

De matrix is ingevuld en opgesteld in samenwerking met aanbieders, leveranciers en aannemers.

De volgende figuur geeft de matrix weer:

toekenningsvorm	techniek	vraag / subcriteria	Kaartraadpleging	Historische informatie	Omgevingsparameters	Prikken	Graven Proefseuf	Radiodetectie	Radiodetectie met sonde	Grondradar	Software, MOL/Cabletracks		
Detecteerbaarheid in relatie tot dimensie, diepte, grondsoort en materiaal													
kans		Metaal, 10 mm diepte 0,5 meter minus maaiveld zand	++	+	+	-	+++	+++	-	+++			
		Metaal, 10 mm diepte 0,5 meter minus maaiveld klei	++	+	+	-	+++	+++	-	++			
		Metaal, 10 mm diepte 0,5 meter minus maaiveld veen	++	+	+	-	+++	+++	-	++			
		Metaal, 10 mm diepte 1,0 meter minus maaiveld zand	++	+	+	-	+++	+++	-	+++			
		Metaal, 10 mm diepte 1,0 meter minus maaiveld klei	++	+	+	-	+++	+++	-	+			
		Metaal, 10 mm diepte 1,0 meter minus maaiveld veen	++	+	+	-	+++	+++	-	+			
		Metaal, 50mm diepte 0,5 meter minus maaiveld zand	++	+	+	+	+++	+++	-	+++			
		Metaal, 50mm diepte 0,5 meter minus maaiveld klei	++	+	+	+	+++	+++	-	++			
		Metaal, 50mm diepte 0,5 meter minus maaiveld veen	++	+	+	+	+++	+++	-	++			
		Metaal, 50mm diepte 1,0 meter minus maaiveld zand	++	+	+	-	+++	+++	-	+++			
		Metaal, 50mm diepte 1,0 meter minus maaiveld klei	++	+	+	-	+++	+++	-	+			
		Metaal, 50mm diepte 1,0 meter minus maaiveld veen	++	+	+	-	+++	+++	-	+			
		Metaal, 50mm diepte 2,0 meter minus maaiveld zand	++	+	+	-	+++	+++	-	+++			
		Metaal, 50mm diepte 2,0 meter minus maaiveld klei	++	+	+	-	+++	+++	-	-			
		Metaal, 50mm diepte 2,0 meter minus maaiveld veen	++	+	+	-	+++	+++	-	-			
		Metaal, 100mm diepte 0,5 meter minus maaiveld zand	++	+	+	+++	+++	+++	-	+++			
		Metaal, 100mm diepte 0,5 meter minus maaiveld klei	++	+	+	+++	+++	+++	-	++			
		Metaal, 100mm diepte 0,5 meter minus maaiveld veen	++	+	+	+++	+++	+++	-	++			
		Metaal, 100mm diepte 1,0 meter minus maaiveld zand	++	+	+	+++	+++	+++	-	+++			
		Metaal, 100mm diepte 1,0 meter minus maaiveld klei	++	+	+	+++	+++	+++	-	+			
		Metaal, 100mm diepte 1,0 meter minus maaiveld veen	++	+	+	+++	+++	+++	-	+			
		Metaal, 100mm diepte 2,0 meter minus maaiveld zand	++	+	+	+++	+++	+++	-	+++			
		Metaal, 100mm diepte 2,0 meter minus maaiveld klei	++	+	+	+++	+++	+++	-	-			
		Metaal, 100mm diepte 2,0 meter minus maaiveld veen	++	+	+	+++	+++	+++	-	-			
		Metaal, 100mm diepte 3,0 meter minus maaiveld zand	++	+	+	+++	+	+++	-	+++			
		Metaal, 100mm diepte 3,0 meter minus maaiveld klei	++	+	+	+++	+	+++	-	-			
		Metaal, 100mm diepte 3,0 meter minus maaiveld veen	++	+	+	+++	+	+++	-	-			
		Metaal, 100mm diepte 5,0 meter minus maaiveld zand	++	+	+	+	+	+++	-	++			
		Metaal, 100mm diepte 5,0 meter minus maaiveld klei	++	+	+	+	+	+++	-	-			
		Metaal, 100mm diepte 5,0 meter minus maaiveld veen	++	+	+	+	+	+++	-	-			
		Metaal, 300mm diepte 0,5 meter minus maaiveld zand	++	+	+	+++	+++	+++	-	+++			
		Metaal, 300mm diepte 0,5 meter minus maaiveld klei	++	+	+	+++	+++	+++	-	++			
		Metaal, 300mm diepte 0,5 meter minus maaiveld veen	++	+	+	+++	+++	+++	-	++			
		Metaal, 300mm diepte 1,0 meter minus maaiveld zand	++	+	+	+++	+++	+++	-	+++			
		Metaal, 300mm diepte 1,0 meter minus maaiveld klei	++	+	+	+++	+++	+++	-	+			
		Metaal, 300mm diepte 1,0 meter minus maaiveld veen	++	+	+	+++	+++	+++	-	+			
		Metaal, 300mm diepte 2,0 meter minus maaiveld zand	++	+	+	+++	+++	+++	-	+++			
		Metaal, 300mm diepte 2,0 meter minus maaiveld klei	++	+	+	+++	+++	+++	-	-			
		Metaal, 300mm diepte 2,0 meter minus maaiveld veen	++	+	+	+++	+++	+++	-	-			
		Metaal, 300mm diepte 3,0 meter minus maaiveld zand	++	+	+	+++	+	+++	-	+++			
		Metaal, 300mm diepte 3,0 meter minus maaiveld klei	++	+	+	+++	+	+++	-	-			
		Metaal, 300mm diepte 3,0 meter minus maaiveld veen	++	+	+	+++	+	+++	-	-			
		Metaal, 300mm diepte 5,0 meter minus maaiveld zand	++	+	+	+	-	+++	-	++			
		Metaal, 300mm diepte 5,0 meter minus maaiveld klei	++	+	+	+	-	+++	-	-			
		Metaal, 300mm diepte 5,0 meter minus maaiveld veen	++	+	+	+	-	+++	-	-			

toekenningsvorm	techniek		Kaartraadpleging	Historische informatie	Omgevingsparameters	Prikken	Graven Proefseuf	Radiodetectie	Radiodetectie met sonde	Grondradar	Software, MOL/Cabletracks		
	vraag / subcriteria												
Detecteerbaarheid in relatie tot dimensie, diepte, grondsoort en materiaal													
		Niet Metaal, 50mm diepte 0,5 meter minus maaiveld zand	++	+	+	+	+++	-	+++	+++	-		
		Niet Metaal, 50mm diepte 0,5 meter minus maaiveld klei	++	+	+	+	+++	-	+++	++	-		
		Niet Metaal, 50mm diepte 0,5 meter minus maaiveld veen	++	+	+	+	+++	-	+++	++	-		
		Niet Metaal, 50mm diepte 1,0 meter minus maaiveld zand	++	+	+	-	+++	-	+++	+++	-		
		Niet Metaal, 50mm diepte 1,0 meter minus maaiveld klei	++	+	+	-	+++	-	+++	+	-		
		Niet Metaal, 50mm diepte 1,0 meter minus maaiveld veen	++	+	+	-	+++	-	+++	+	-		
		Niet Metaal, 50mm diepte 2,0 meter minus maaiveld zand	++	+	+	-	+++	-	+++	+++	-		
		Niet Metaal, 50mm diepte 2,0 meter minus maaiveld klei	++	+	+	-	+++	-	+++	-	-		
		Niet Metaal, 50mm diepte 2,0 meter minus maaiveld veen	++	+	+	-	+++	-	+++	-	-		
		Niet Metaal, 100mm diepte 0,5 meter minus maaiveld zand	++	+	+	+++	+++	-	+++	+++	-		
		Niet Metaal, 100mm diepte 0,5 meter minus maaiveld klei	++	+	+	+++	+++	-	+++	++	-		
		Niet Metaal, 100mm diepte 0,5 meter minus maaiveld veen	++	+	+	+++	+++	-	+++	++	-		
		Niet Metaal, 100mm diepte 1,0 meter minus maaiveld zand	++	+	+	+++	+++	-	+++	+++	-		
		Niet Metaal, 100mm diepte 1,0 meter minus maaiveld klei	++	+	+	+++	+++	-	+++	+	-		
		Niet Metaal, 100mm diepte 1,0 meter minus maaiveld veen	++	+	+	+++	+++	-	+++	+	-		
		Niet Metaal, 100mm diepte 2,0 meter minus maaiveld zand	++	+	+	+++	+++	-	+++	+++	-		
		Niet Metaal, 100mm diepte 2,0 meter minus maaiveld klei	++	+	+	+++	+++	-	+++	-	-		
		Niet Metaal, 100mm diepte 2,0 meter minus maaiveld veen	++	+	+	+++	+++	-	+++	-	-		
		Niet Metaal, 100mm diepte 3,0 meter minus maaiveld zand	++	+	+	+++	+	-	+++	+++	-		
		Niet Metaal, 100mm diepte 3,0 meter minus maaiveld klei	++	+	+	+++	+	-	+++	-	-		
		Niet Metaal, 100mm diepte 3,0 meter minus maaiveld veen	++	+	+	+++	+	-	+++	-	-		
		Niet Metaal, 100mm diepte 5,0 meter minus maaiveld zand	++	+	+	+	+	-	+++	++	-		
		Niet Metaal, 100mm diepte 5,0 meter minus maaiveld klei	++	+	+	+	+	-	+++	-	-		
		Niet Metaal, 100mm diepte 5,0 meter minus maaiveld veen	++	+	+	+	+	-	+++	-	-		
		Niet Metaal, 300mm diepte 0,5 meter minus maaiveld zand	++	+	+	+++	+++	-	+++	+++	-		
		Niet Metaal, 300mm diepte 0,5 meter minus maaiveld klei	++	+	+	+++	+++	-	+++	++	-		
		Niet Metaal, 300mm diepte 0,5 meter minus maaiveld veen	++	+	+	+++	+++	-	+++	++	-		
		Niet Metaal, 300mm diepte 1,0 meter minus maaiveld zand	++	+	+	+++	+++	-	+++	+++	-		
		Niet Metaal, 300mm diepte 1,0 meter minus maaiveld klei	++	+	+	+++	+++	-	+++	+	-		
		Niet Metaal, 300mm diepte 1,0 meter minus maaiveld veen	++	+	+	+++	+++	-	+++	+	-		
		Niet Metaal, 300mm diepte 2,0 meter minus maaiveld zand	++	+	+	+++	+++	-	+++	+++	-		
		Niet Metaal, 300mm diepte 2,0 meter minus maaiveld klei	++	+	+	+++	+++	-	+++	-	-		
		Niet Metaal, 300mm diepte 2,0 meter minus maaiveld veen	++	+	+	+++	+++	-	+++	-	-		
		Niet Metaal, 300mm diepte 3,0 meter minus maaiveld zand	++	+	+	+++	+	-	+++	+++	-		
		Niet Metaal, 300mm diepte 3,0 meter minus maaiveld klei	++	+	+	+++	+	-	+++	-	-		
		Niet Metaal, 300mm diepte 3,0 meter minus maaiveld veen	++	+	+	+++	+	-	+++	-	-		
		Niet Metaal, 300mm diepte 5,0 meter minus maaiveld zand	++	+	+	+	-	-	+++	++	-		
		Niet Metaal, 300mm diepte 5,0 meter minus maaiveld klei	++	+	+	+	-	-	+++	-	-		
		Niet Metaal, 300mm diepte 5,0 meter minus maaiveld veen	++	+	+	+	-	-	+++	-	-		

toekenningsvorm	techniek vraag / subcriteria	Kaartraadpleging	Historische informatie	Omgevingsparameters	Prikken	Graven Proefseuf	Radiodetectie	Radiodetectie met sonde	Grondradar	Software, MOL/Cabletracks		
Nauwkeurigheid van de detectie												
Invul	Diepteprecisie (cm)	-	10	50	2	1	5	5	5	200		
	Positieprecisie XY (cm)	100	50	50	2	1	5	5	5	200		
Vastlegging en Registratie												
ja/nee	Invloed van de kwaliteit van de operator	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	nee		
Invul	Vereist opleidingsniveau LBO, MBO, HBO	MBO	MBO	MBO	LBO	LBO	MBO	MBO	MBO	LBO		
kans	Mogelijkheid tot 'postprocessing'	-	+	++	++	++	++	++	+++	+++		
	Detectie is verbonden aan positionering (meetwiel/GPS etc)	-	+	++	++	++	++	++	+++	+++		
	Foutgevoeligheid (aantal handmatige acties/procedure)	+++	+++	-	+++	+++	+	+	+	-		
	Controleerbaar (zonder op te zoeken)	-	-	-	-	-	-	-	++	++		
Invloed van externe omstandigheden												
kans	Zwerfstromen	-	-	-	-	-	+++	++	-	-		
	Afdekkende lagen, bodemopbouw (ondergronds)	-	-	-	++	+	-	-	++	-		
	Verharding	-	-	-	+++	+++	+	+	++	-		
	Verharding (versterkt)	-	-	-	+++	+++	++	+	+++	-		
	Vochtigheidsgraad oppervlak	-	-	-	+	+	++	+	++	-		
	Grondwaterstand	-	-	-	-	+++	-	-	++	-		
	Bovengrondse objecten	-	-	-	+++	+++	+++	+++	+++	+++		
Herkenning van materiaaleigenschappen/details												
kans	Diameter	++	++	+	+	+++	-	-	+	++		
	Vorm	-	-	+	+	+++	-	-	+	++		
	Materiaalsoort	+	+	+	-	+++	++	-	+	++		
	Vlittk eroopsuen	+	+	--	--	+++	--	--	+	++		
	Gestapeld	+	+	-	-	+++	-	-	+	++		
	afzonderlijke kabels in bundel	++	++	+	-	+++	+++	+++	+	++		
	Kabel of leiding breuken	-	-	++	-	+	+++	+	++	-		
	Terugvinden "onbekende" kabels of leidingen	-	-	-	-	+	-	-	+++	-		
Logistiek en tijd												
ja/nee	Directe detectie en volgen vlakdekkende informatie	ja	ja	nee	nee	ja	ja	ja	nee	nee		
Kans	snelheid	+++	+++	++	+	-	+++	+	++	+++		
Risico's												
	Kans op schade	-	-	+	++	+++	-	-	-	-		
	Kans op ongevallen	-	-	++	++	+++	-	++	-	-		
	Kans op overlast (buiten gebruik stellen, weg opbreken)	-	-	+	++	+++	-	+	-	-		

Bijlage II KLO Meetbestek



Meetbestek

Uniforme inwinning van kabels en leidingen.

Copyright KLO
Datum: 7 januari 2010
Versie: 3.0

Ondanks de zorgvuldigheid waarmee deze publicatie tot stand is gekomen, kan het zijn dat er onvolkomenheden in zitten. Het KLO is niet aansprakelijk voor eventuele schade die volgt uit de toepassing van dit document.



Meetbestek

Inhoudsopgave

1. Inleiding.
2. Projectdoelstelling
3. Uitgevoerde activiteiten
4. Bijdrage aan Kadaster Klic-online
5. Voor welke werkzaamheden is het meetbestek van toepassing?
6. Hoe vindt de inwinning plaats?
 - 6.1 Eisen aan de inwinning.
 - 6.2 Eisen aan het verwerken van de inwinning.
7. Kwaliteitseisen.
8. Aanbevelingen
9. Begrippenlijst

Bijlage: Handleiding kadastrale metingen met GPS versie 3.0

Samenstelling werkgroep

De werkgroep bestond uit de volgende personen.

Arthur Klink*	GPKL gemeente Utrecht (vanaf oktober 2007) In december 2007 naar Cees Opdam (GPLKL gemeente Alkmaar)
Bob Sanders	GPKL gemeente Utrecht (tot oktober 2007)
Cees van Es*	Delta (tot medio 2007)
Daan van Os	Brabant water
Hendrik van der Berg	Continuon
Herman Beltman	Zesko (At Home)
Hugo Gastkemper*	GPKL Rioned
Jan Koopman	Eneco
Jo Dols	Essent (vanaf oktober 2007)
Lauw Weldink	Essent (tot oktober 2007)
Klaas van der Hoek	Kadaster (vanaf 1 augustus 2007)
Martijn Tiesinga	UPC
Oane Stielstra	Provincie Fryslân (vanaf 1 augustus 2007)
Thijs Bekhof	Vitens
Wil Lambo	KPN

* Via de mail



Meetbestek

1. Inleiding

Om Klic-online goed te laten functioneren moet de gebiedsinformatie waarop de kabels en leidingen zijn weergegeven 'stapelbaar' zijn. Voor het uitwisselingsformat is daarom gekozen voor .PNG (Portable Network Graphics, zijnde een grafisch bestand dat georeferentie en transparantie ondersteunt). Voor het maken van een verzameltekening moeten netbeheerders daarom 'transparante plaatjes' aanleveren.

Tot op heden meten de netbeheerders bij gezamenlijke aanleg in op basis van regionale gezamenlijke bestekken of eigen bestekken voor gezamenlijke aanleg. Bij enkelvoudige aanleg past iedere netbeheerder zijn eigen bestek toe. Deze bestekken beschrijven met name wat er allemaal aan leidinggegevens moet worden ingewonnen en hoe die gegevens moeten worden verwerkt. Lang niet altijd wordt er in aangegeven hoe de (digitale) meting moet worden "opgehangen" in het Rijksdriehoeksnet (RD net) en welke nauwkeurigheid gevraagd wordt. Het gevolg is, dat ieder daarvoor een eigen methode toepast. Bij het stapelen van de tekeningen ontstaat dan mogelijk een verkeerd beeld van de feitelijke situatie.

Een oplossing voor dit probleem is dat netbeheerders bij alle nieuwe aanleg en verleggingen dezelfde inmeetmethode hanteren.

Het KLO heeft daarom een werkgroep van registratiedeskundigen aangesteld om een eenduidige en uniforme wijze van inmeten van kabels en leidingen nader uit te werken. De namen van de leden van de werkgroep zijn hierboven weergegeven.

2. Projectdoelstelling

Om de legginggegevens goed zichtbaar te maken voor de grondroerders is het een vereiste dat de gegevens 'stapelbaar' zijn. Om dit te kunnen bereiken moet een eenduidige en uniforme wijze afgesproken worden om de kabels en leidingen in te meten.

Het resultaat moet zijn dat de kabel- en leidingbeheerders meten of laten meten volgens dezelfde uitvoeringsvoorwaarden zodat er passing is qua legging. Dit resultaat moet in de meetbestekken worden opgenomen.

3. Uitgevoerde activiteiten

- Inventariseren en vaststellen van een uniforme wijze van inmeten binnen de meetbestekken.
- Opstellen implementatie advies.
- Overdracht en rapportage aan Kabel en Leidingoverleg. (KLO)

De verdere landelijke afstemming en implementatie maakt geen onderdeel uit van dit projectplan.

Dit rapport is het resultaat van de uitgevoerde activiteiten.

4. Bijdrage aan Kadaster Klic-online

Om te kunnen voldoen aan de gevraagde nauwkeurigheid gesteld in de Wet Informatie-uitwisseling Ondergrondse Netten (WION), is het van groot belang de kabels en leidingen volgens hetzelfde bestek in te meten. Dit maakt het mogelijk om de tekeningen te stapelen, waardoor de leesbaarheid verbeterd wordt. Hierdoor zal het aantal schades afnemen. Bovendien moet de stapelbaarheid ook gelden in relatie tot de GBKN. De reden hiervoor is namelijk dat Klic-online leidinginformatie (ligging,



Meetbestek

annotatie, maatvoering, en indien van toepassing de eigentopografie en plantopografie) van alle netbeheerders en de GBKN stapelt.

5. Voor welke werkzaamheden is het meetbestek van toepassing?

Voor alle meetwerkzaamheden:

- van nieuw gelegde en verlegde kabels en leidingen;
- bij solo en gezamenlijke aanleg;
- bij intern meetwerk (bv storingen / kleine verleggingen);
- voor eigen¹ topografie-metingen.

Waar we voortaan in dit Bestek over **inwinning** spreken worden alle bovengenoemde soorten van inmeten bedoeld.

Het gaat in deze met name om de 'stapelbaarheid' van tekeningen van nieuw gelegde en verlegde leidingen te regelen. Voor deze situaties wordt hier de 'kapstok' van het inmeten beschreven:

de grondslag van het inmeten en de wijze van vastleggen.

Als alle netbeheerders dit op dezelfde manier doen en dit ook nog eens afstemmen met de GBKN is stapelbaarheid verzekerd.

6. Hoe vindt de inwinning plaats?

6.1 Eisen aan de inwinning.

1. Inwinning dient middels GPS, tachymetrie, meetband of een combinatie van deze methoden plaats te vinden. In bepaalde gebieden (zie punt 5) dient altijd met GPS of tachymetrie ingemeten te worden. Het resultaat van de inwinning dient te voldoen aan de in dit bestek gestelde kwaliteitseisen.
2. Voor het inwinnen worden de regels overeenkomstig de Handleiding voor de Technische Werkzaamheden van het Kadaster (HTW) van 1996 toegepast, met name hoofdstuk 6, blz. 334 t/m 354. Nadere eisen aan inwinning volgen hieronder.
3. Bij inwinning met GPS gelden aanvullend op de eisen uit de HTW de eisen uit de "Handleiding kadastrale metingen met GPS", versie 3.0. Als bijlage bij dit Meetbestek zijn deze eisen bijgevoegd. Met name de hoofdstukken 3 en 4 van deze handleiding zijn van belang voor de inwinning en verwerking van mutaties met GPS.
4. Bij GPS-metingen is Opdrachtnemer vrij in de keuze van een GPS netwerk, onder voorwaarde dat het netwerk gecertificeerd is. Alle gebruikerskosten van een gecertificeerd netwerk zijn voor rekening van Opdrachtnemer.
5. Nadere eisen inwinning:
 - 1) Terrestrische precisie.
In de volgende gevallen dient de meting van de kabels, leidingen en eigen topografie te worden aangesloten op grondslag in RD (terrestrische precisie).
-Uitbreidingsplannen. Het betreft hier nieuwbouwlocaties van woningen of bedrijfspanden die zijn te beschouwen als uitbreiding van de bebouwde kom.

¹ Zie begrippenlijst

Meetbestek

- Inbreidingslocaties. Onder inbreidingslocatie wordt verstaan een nieuwbouwlocatie tussen bestaande bebouwing met meer dan 10 woningen en/of een oppervlakte groter dan 1 hectare.
 - Grote mutaties infrastructuur in landelijk gebied. Hieronder vallen nog aan te leggen wegen maar ook wegreconstructies waar binnen een straal van 50 meter geen harde topografie aanwezig is welke als aansluitpunt kan dienen.
 - Landelijke gebieden waar binnen 50 meter geen harde topografie aanwezig is
- De grote landelijke transportaders vallen dus nagenoeg altijd hieronder.

2) Grafische precisie.

Er zijn vanuit het verleden nog gebieden waar niet terrestrisch ingewonnen mag worden en netwerken zijn ingepast in de GBKN.

In alle andere gevallen dan onder 1 genoemd dient dan de inwinning door middel van inpassing te worden uitgevoerd (grafische precisie)

Dat wil zeggen dat metingen worden ingepast in het GBKN bestand door aansluiting aan bestaande punten van de harde topografie in de omgeving. Minimaal worden 4 aansluitpunten opgenomen die de detailopname behoorlijk omsluiten. Voorgevels van hoofdgebouwen dienen als aansluitpunt. Indien deze niet aanwezig zijn kan op andere harde topografie worden aangesloten. Indien aanwezig in het GBKN bestand dienen punten met terrestrische precisie (dat wil zeggen objecten waarvan de waarde van het attribuut Precisie: < 10 cm is) te worden gekozen als aansluitpunt.

6. Voor zover netwerken historisch gezien niet zijn ingepast in de GBKN is dat ook voor situaties genoemd onder 5.2 niet vereist.
7. Voor het bepalen van noodzakelijke grondslagpunten gaat de voorkeur uit naar GPS. Zie voor het bepalen en berekenen van noodzakelijke grondslag hoofdstuk 5 van de HTW en de Handleiding kadastrale metingen met GPS.
8. Metingen die worden uitgevoerd met behulp van GPS dienen te worden teruggerekend naar RD (door middel van transformatie genaamd RDNAPTRANS. Met andere woorden: er mag niet worden aangesloten op RD-2000 coördinaten.

Samenvattend: waar met welke meetmethodiek inmeten?

1. Waar terrestrische precisie gevraagd wordt dient altijd met GPS of tachymetrie te worden ingemeten.
2. Voor grafische precisie mag met GPS, tachymetrie of meetband worden ingemeten.

De toegepaste meetmethodiek dient altijd door de aannemer te worden aangegeven in het opgeleverde product.

6.2 Eisen aan het verwerken van de inwinning.

Voor het verwerken worden de regels overeenkomstig de Handleiding voor de Technische Werkzaamheden van het Kadaster (HTW) van 1996 toegepast (hoofdstuk 6, in het bijzonder paragraaf 6.3.3.4 blz. 353 en 354).

Nadere eisen aan het verwerken zijn:

- De controles dienen door rekenkundige toetsing te worden uitgevoerd (o.a. blz. 342 HTW)
- Bij voorkeur wordt een integrale vereffening van controles toegepast

7. Kwaliteitseisen.

Precisie

In hoofdstuk 6.1 is onder punt 5 aangegeven dat er terrestrische precisie of grafische precisie gevraagd wordt.

De norm voor de terrestrische precisie, als resultaat van het meet- en verwerkingsproces, dient binnen



Meetbestek

10 cm te zijn (absolute puntprecisie).

De norm voor de grafische precisie, als resultaat van het meet- en verwerkingsproces, dient binnen de volgende waarden te zijn (relatieve puntprecisie):

In bebouwde kom $20 \sqrt{2}$ cm =28 cm

Buiten bebouwde kom $40 \sqrt{2}$ cm=56 cm

8. Aanbevelingen.

De projectgroep doet de volgende aanbevelingen:

- Richt gezamenlijk een uniform controlesysteem in om de kwaliteit te garanderen.
- Geef de grondroerders een toelichting voor implementatie van dit meetbestek
- Er moeten altijd minimaal 4 voorgevelpunten, van in de kaart aanwezige voorgevels, worden ingemeten. Dit om de verschillen met de bestaande topografie inzichtelijk te maken. Bij een groot werk minimaal 4 punten per kilometer. Indien geen (of onvoldoende) voorgevelpunten aanwezig dan andere harde topografie punten inmeten.

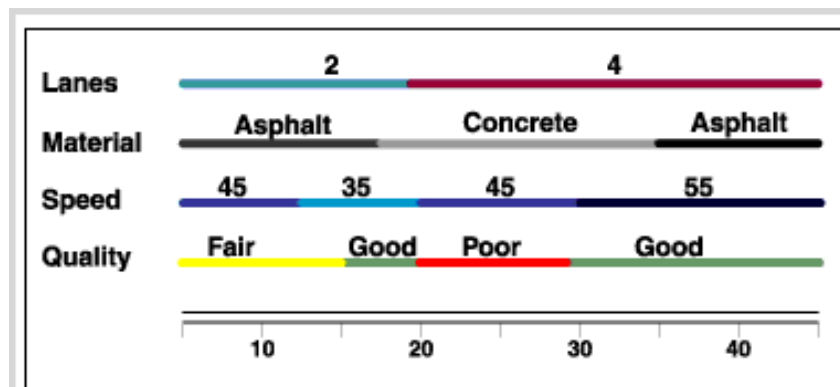
9. Begrippenlijst

- GBKN:Grootschalige Basiskaart van Nederland..
- Eigen Topografie: met GBKN nauwkeurigheid door of voor de netbeheerder ingewonnen topografie. Dit kan topografie zijn die nog in de GBKN moet worden opgenomen of is topografie die niet tot de GBKN inhoud behoort.
- Gezamenlijke aanleg: het met meerdere netbeheerders gelijktijdig uitvoeren van aanleg van de leidingen
- Enkel aanleg: de netbeheerder voert de aanleg van zijn leiding(en) alleen uit.
- GPS:Global Position System. De plaats wordt bepaald met behulp van satellieten.
- Tachymetrie: plaatsbepaling met behulp van een tachymeter (hoek en afstandmeter).
- PNG: Portabel Network Graphics: zijnde een grafisch bestand dat georeferentie en transparantie ondersteunt).

Bijlage III Linear referencing scenarios (ArcGIS)

In most data models, linear features are split at intersections where they connect with two or more line features and frequently are also split where key attribute values change, such as a change in the road name.

However, users often want to record many additional attributes about the roads. This could require that roads be split into many tiny segments at each location where attribute values change. As an alternative, these situations can be handled as linear referencing events along the roads as illustrated in the concept figure below:



Multiple sets of attributes for road features

Certain linear features also have attributes that change frequently—for example, observations that describe the condition of segments along key infrastructure networks (roads, pipes, and so on). Plus, these observations could be made repeatedly over time. For example, the pavement condition of a road changes as pavement deteriorates and is subsequently repaired. Linear referencing can be used to accurately locate multiple observations of the pavement condition, as illustrated below.

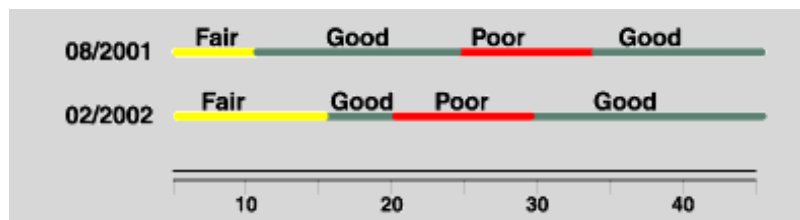


Illustration of frequently segmented data

Segmenting linear features on a frequent basis becomes even more problematic when you consider that you may need to store other attributes. In addition to road conditions, you

might also want to record traffic volumes, lane information, surface material, speed limits, and accident locations.

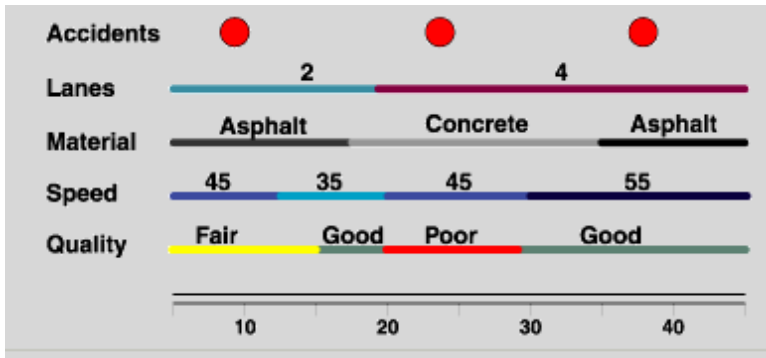
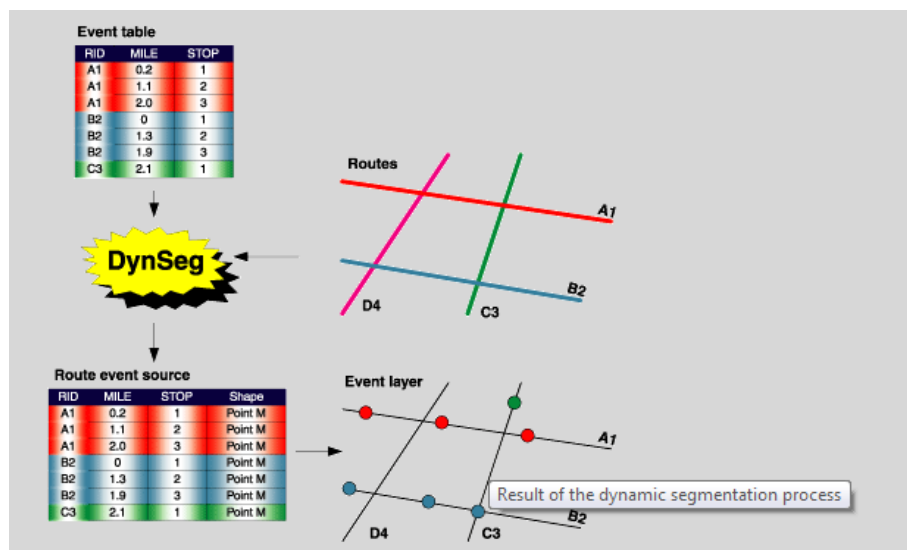


Illustration of multiple sets of attributes

Bijlage IV Dynamic Segmentation (ArcGIS)

Geographic data is represented on a map as a layer. Route events are no different. To display route events on a map, however, you must first define the parameters of the relationship between the table storing the events and the routes that the events reference.



The dynamic segmentation process

Dynamic segmentation (DynSeg) is the process of computing the map location (shape) of events stored in an event table. Dynamic segmentation is what allows multiple sets of attributes to be associated with any portion of a linear feature.

Result of the dynamic segmentation process

The result of the dynamic segmentation process is a dynamic feature class known as a route event source. A route event source can serve as the data source of a feature layer in ArcMap.

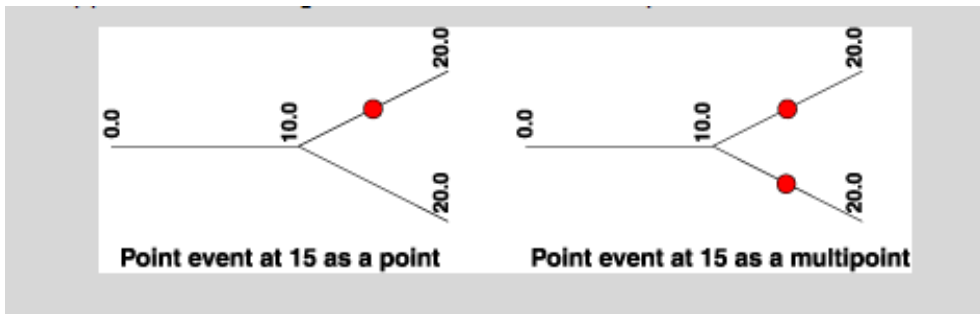
For the most part, a dynamic feature layer behaves like any other feature layer. It is possible to decide whether to display it, the scale at which it should be visible, what features or subset of features to display, how to draw the features, whether to store it as a layer file (.lyr), whether to export it, and so on.

A route event source can be edited in ArcMap. It is important to note that it is only possible to edit the attributes. The shapes of a route event source, however, cannot be edited because they are generated by the dynamic segmentation process. When you edit a route event, you are actually editing the underlying event table. As such, there may be some editing limitations imposed by the event table. For example, it is not possible to directly edit the attributes of a route event source created from a delimited text file table, since ArcMap does not allow text files to be edited directly.

Advanced dynamic segmentation options

Point events as multipoint features

When a point event is located along a route, a point feature is created. In some applications, however, route measures are not unique. For these applications, it might be desirable to have point events treated as multipoint features.

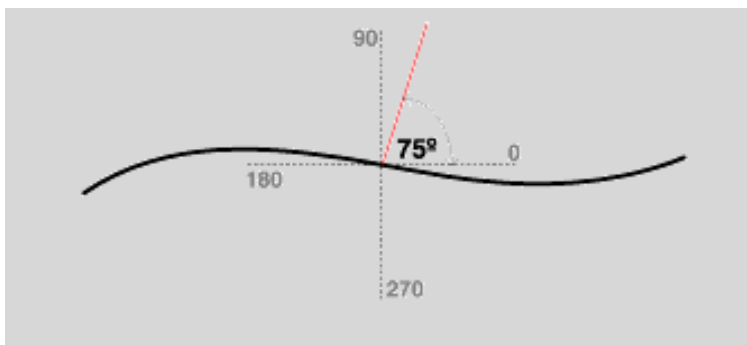


Point events as multipoint features

Event locating angles

When a point event is located along a route, it is often desirable to know the angle of the route where the event is placed. For example, you might need to rotate the marker symbol that is used to display the event so it is oriented to the route and not the map. Further, you might need to rotate a point event's label.

The dynamic segmentation process can calculate either the normal (perpendicular) or tangent angle. Further, it is possible to calculate the complement of these angles so that you can, for example, control the side of the route on which a rotated label appears.

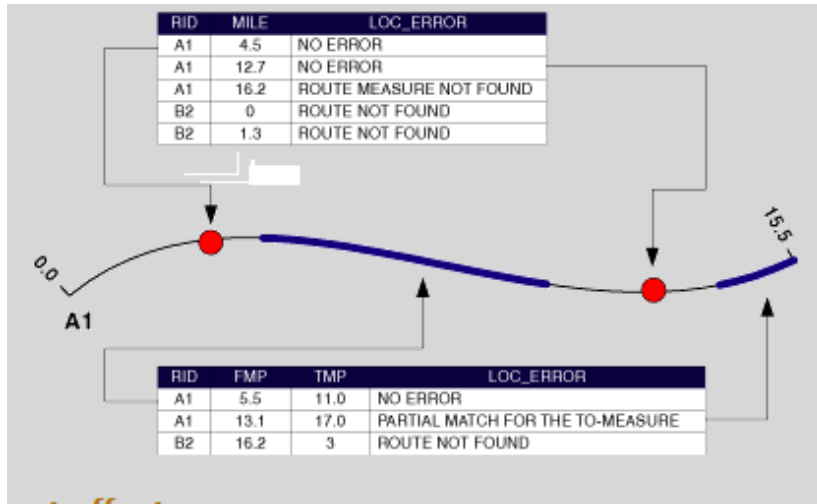


Event locating angles

Event locating errors

The dynamic segmentation process creates a shape for each row in the input route event table. In some cases, however, the shape of the event feature might be empty. This happens when there is a reason that the event can't be properly located. In other cases, an event can only be partially located; this happens for line events only.

The dynamic segmentation process can expose locating errors—if any exist—for each event in an event table as a field. This field is very useful when performing quality assurance tests on your event tables.



Event locating errors

Event offsets

In some applications, events with an offset are to be drawn to the right of the route. In other applications, events with an offset are to be drawn to the left. The dynamic segmentation process allows you to control to which side of the route events with offsets are drawn.