



Eindrapport Wi3D

Onderzoek naar de waarde van 3D voor de graafsector in de context van KLIC-WIBON





EINDRAPPORT Wi3D

Onderzoek naar de waarde van 3D voor de graafsector in de context van KLIC-WIBON

Kenmerk: KGO 3D Onderzoek

Enschede, 23 december 2022

IN OPDRACHT VAN

Kadaster KLIC - Caroline Groot (Productmanager), Fuat Akdeniz (Adviseur Product- en Procesbeheer)

KLIC Gebruikersoverleg (KGO)

PROJECTTEAM

Dr. ir. Léon olde Scholtenhuis	universitair docent, Civil Engineering and Management, Zorgvuldige Aanleg en Reductie Graafschade, Universiteit Twente
Prof. dr. Jantien Stoter	hoogleraar 3D Geoinformation, Urban Data Science, TU Delft, en Adviseur Onderzoek & Innovatie, Kadaster
Dr. ir. Pieter Pauwels	universitair hoofddocent, Information Systems Built Environment, TU/Eindhoven
Ruben Borst, B.Sc.	student civiele techniek/onderzoeksassistent, Universiteit Twente
Wout Schutten, B.Sc.	student civiele techniek/onderzoeksassistent, Universiteit Twente
Nick van Nijen, B.Sc.	student civiele techniek/onderzoeksassistent, Universiteit Twente



HIGHLIGHTS VAN DIT ONDERZOEK

- We verkennen het huidige gebruik van 2D in de context van KLIC:
 - Sterke punten zijn: de snelheid van informatielevering, de centrale portal voor alle netinformatie en standaardisatie van uitgewisselde gegevens.
 - Verbeterpunten zijn: gebrek aan z-coördinaten of diepte-informatie en beperkte betrouwbaarheid en nauwkeurigheid van uitgewisselde data.
- We onderzoeken het gebruik van, en de behoefte aan, 3D data en visualisaties
 - 3D wordt momenteel nog beperkt gebruikt.
 - De behoefte aan 3D onder netbeheerders varieert sterk tussen zeer klein en zeer groot.
 - Alle overige graafketenrollen hebben een grote tot zeer grote behoefte aan 3D.
- We identificeren acht 3D use cases (gebruikstoepassingen) waarbij 3D meerwaarde biedt. Dit zijn:
 1. het oriënteren op projectlocatie.
 2. het verkennen van complexiteit.
 3. het maken van een ontwerpplan.
 4. het ontwerpen van een tracé.
 5. het voorbereiden en uitvoeren van een gestuurde boring.
 6. het bepalen van proefsleuflocaties.
 7. het ondersteunen van uitvoeringswerkzaamheden.
 8. het integreren van de ondergrond in ruimtelijke vraagstukken.
- We vergelijken 2D en 3D viewers op criteria gemak, geschiktheid en communicatiepotentieel.
 - 3D wordt op de criteria gemak en geschiktheid gemiddeld genomen lager dan of gelijk aan 2D.
 - Beoordelingen van 3D hebben overwegend een kleinere spreiding ten opzichte van 2D.
 - 3D scoort relatief hoog als potentieel middel voor communicatie met collega's.
 - 3D visualisaties hebben momenteel tekortkomingen, maar zetten wel aan tot '3D-denken'.
- We leiden randvoorwaarden af voor toepassing van 3D. Deze hebben te maken met:
 - Betrouwbaarheid en nauwkeurigheid van brondata.
 - Standaardisering van datavisualisatie en registratie.
 - Actualiteit van ingemeten gegevens.
 - Opwaardering van (registratie)systemen
 - Uitwerking van 3D registratie-behoefte
 - Risico op schijnveiligheid
 - Gebruiksvriendelijkheid van viewers
 - Investerings- en transitiekosten
 - Trainingen en opleidingen.
 - Fasering van een transitie naar 3D
- We gebruiken deze bevindingen voor ontwikkeling van de roadmap richting een 3D voorbereid KLIC WIBON systeem (zie Hoofdstuk 7). Deze concept roadmap is niet prescriptief, maar dient door de sector te worden doorontwikkeld.



INHOUDSOPGAVE

Highlights van dit onderzoek	2
1. Introductie	5
2. Onderzoeksvragen en -methodes	6
2.1. Enquête	6
2.2. Interview	7
2.3. Experiment	7
2.4. Focusgroep	8
2.5. Roadmapontwikkeling	8
2.6. Leeswijzer	8
3. Resultaten: Huidige stand van zaken 2D en 3D	9
3.1. Gebruik van 2D KLIC binnen graafketen	9
3.2. huidige 2D uitwisseling: sterke punten en verbetermogelijkheden.....	9
3.3. Gebruik en wensen richting 3D.....	11
4. Resultaten: te behalen voordelen uit 3D use cases	13
4.1. Voordelen.....	13
4.2. Focusgroepreflectie op use cases en voordelen.....	14
5. Resultaten uit use case experiment: gemak, geschiktheid van en communicatie met 3D.....	15
5.1. Use case 1: rioolvervanging	16
5.2. Use case 2: bepalen locatie proefsleuven	17
5.3. Use cases 3 en 4 gestuurde boring en waterberging.....	18
5.4. Cumulatief: items gemak, geschiktheid en communicatie.....	19
5.5. Reflectie op ervaringen use case experiment.....	20
6. Resultaten: randvoorwaarden 3D-KLIC WIBON	22
6.1. Technische randvoorwaarden	22
6.2. Niet-technische randvoorwaarden	23
7. Roadmap.....	26
7.1. Roadmappingstructuur	26
7.2. Concept-roadmap richting 3D-voorbereid WIBON en KLIC.....	26
Graafsector (why)	28
Use cases (what).....	29
Voorlichting en training (how).....	30
Implementatiecontext (how).....	30
Standaardisatie en data-registratie (how).....	31
Data-inwinning (how)	32
Systemen (how)	33



7.3.	Kanttelingen bij roadmap	33
8.	Discussie en vervolg.....	35
9.	Conclusie.....	35
9.1.	Huidige situatie ten aanzien van 2D en 3D	35
9.2.	Use cases en Voordelen van 3D.....	36
9.3.	Gebruikservaring 3D	36
9.4.	Randvoorwaarden.....	37
9.5.	Roadmap	37
Appendix 1: Enquêtevragen		39
Appendix 2: Interviewvragen		45
Appendix 3: Beschrijving Vertrekpunt Roadmap		46



1. INTRODUCTIE

De graafsector en het Kadaster zien ontwikkelingen in de omgeving die steeds meer gericht zijn op de derde dimensie. Om deze reden wil het KLIC-gebruikersoverleg (KGO) laten onderzoeken wat de (meer)waarde is van het gebruik van deze dimensie tijdens informatie-uitwisseling tussen de stakeholders binnen de graafketen. In opdracht van het Kadaster voeren Universiteit Twente, TU Delft en TU Eindhoven daarom onderzoek uit naar waar de waarde van 3D data en visualisatie zich manifesteert. Vanuit de aanstelling van Prof. Stoter als adviseur onderzoek en innovatie, was ook afdeling Kadaster-Onderzoek betrokken bij dit project. Dit eindrapport verslaat de resultaten van het desbetreffende verkennende onderzoek, dat van het voorjaar tot aan de zomer van 2022 heeft geduurd.

In dit onderzoek is geïnventariseerd bij welke type stakeholders uit de graafketen (CROW500), er zich een meerwaarde toont en bij welke gebruikstoepassingen (use cases) deze zich voordoen. Tevens zijn condities rondom de creatie van deze meerwaarde in kaart gebracht.

Om de waarde van 3D data en visualisatie te onderzoeken, is er een enquête afgenomen, zijn er verkennende interviews gehouden, heeft er een experiment plaatsgevonden en is er een focusgroepsessie geweest:

- Tijdens interviews en enquêtes vroegen wij circa vijftig respondenten naar hun mening over het huidige 2D KLIC-model, het huidige gebruik van 3D data en hun behoefte aan 3D;
- Tijdens interviews identificeerden wij mogelijk waardevolle gebruikstoepassingen (use cases) van 3D;
- Tijdens een vergelijkend experiment analyseerden wij hoe veertien deelnemers het gebruik van zowel 2D als 3D viewers hebben ervaren;
- Tijdens een focusgroep met zes betrokkenen uit de graafketen nuanceerden en concludeerden wij bevindingen uit het bovenstaande.

Tot slot is er - op basis van de bovenstaande onderzoeksbevindingen - een eerste aanzet gemaakt tot een technologie roadmap. Hierop staan stappen uiteengezet voor de ontwikkeling richting een 3D-voorbereide KLIC WIBON omgeving.

Dit rapport is als volgt opgebouwd. Hoofdstuk twee bevat een toelichting op de gebruikte onderzoeksmethodes (Hoofdstuk 2). Daarna volgen twee hoofdonderdelen: In het eerste deel staan de resultaten van de analyse van de meerwaarde van 3D binnen de context van de WIBON. Hoofdstuk 3 start hiermee. Het bespreekt de enquête waarin deelnemers hun mening gaven over de huidige data-uitwisseling in 2D. In hoofdstuk 4 staat daarna beschreven welke use cases uit de interviews zijn afgeleid en welke waarde 3D biedt voor deze use cases. In hoofdstuk 5 staat vervolgens een experiment uitgewerkt waarin 2D viewers met 3D viewers worden vergeleken door experts (aan de hand van de criteria gemak, geschiktheid, en communicatie potentieel). Het tweede deel van het rapport vertaalt deze resultaten naar een eerste ontwerp van een route naar een toekomst waarin 3D gebruik binnen WIBON mogelijk is. In hoofdstuk 6 wordt daarom eerst afgeleid welke randvoorwaarden er gelden om voordelen uit 3D te kunnen behalen. Deze zijn vervolgens door de onderzoekers vertaald naar een opzet van een technologie roadmap. De roadmap wordt toegelicht in hoofdstuk 7. Het rapport besluit met een discussie en conclusie (Hoofdstuk 8 en 9).



2. ONDERZOEKSVRAGEN EN -METHODES

Het rapport stelt de volgende onderzoeksvraag centraal:

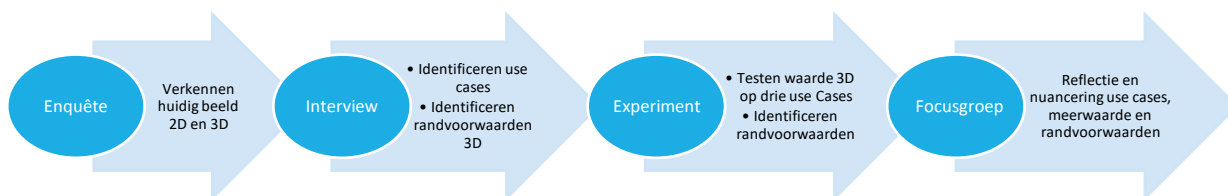
Wat is de waarde van 3D voor de verscheidene rollen en taken in de graafketen, binnen de context van WIBON KLIC?

Als onderligger hiervoor, zijn drie deelvragen gesteld. Dit waren:

1. Wat is de huidige ervaring met 2D en 3D uitwisseling binnen WIBON?
2. Wat zijn de gebruikstoepassingen (use cases) waarin 3D meerwaarde toont?
3. Wat zijn randvoorwaarden voor een ontwikkeling van een 3D-voorbereide WIBON-omgeving?

Om de vragen te kunnen beantwoorden, zijn data zowel op kwalitatieve als kwantitatieve wijze verzameld. Stappen hiervan zijn gevisualiseerd in Figuur 1. De eerste stap bestond uit het verkrijgen van een beeld over 2D en 3D binnen de context van de WIBON. Dit gebeurde in een enquête waarin deelnemers werden gevraagd naar hun mening over 2D visualisatie en data-modellering. De tweede stap bestond uit interviews. Deze waren gericht op het identificeren van mogelijke gebruikstoepassingen van 3D. Een derde stap was een experiment. Deze had als doel om, op basis van een fictieve set casussen, enkele professionals een ervaring op te laten doen met 3D en die te vergelijken met gebruikservaringen in 2D.

De oordelen over 2D en 3D (binnen WIBON) zoals deze naar voren kwamen uit de verkennende interviews en enquête werden daarna vergeleken met de concrete ervaringen van deelnemers aan het 2D-3D experiment. De laatste stap was een focusgroep die als doel had om bevindingen te bevestigingen of nuanceren. Na het onderzoek, is een concept-roadmap opgesteld door het onderzoeksteam. In het vervolg van dit hoofdstuk worden de reeds doorlopen stappen toegelicht.



FIGUUR 1: ONDERZOEKSMETHODEN GEBRUIKT IN DIT ONDERZOEK.

2.1. ENQUÊTE

De eerste stap werd uitgevoerd door middel van een online enquête. Het interview werd uitgestuurd via het netwerk van het Kadaster – te weten, het KLIC-gebruikersoverleg (KGO), de KGO-werkgroep 3D, de Technische commissie KLIC (TCS), en het Kabel en Leidingen overleg (KLO). De enquête was tevens benaderbaar via de website van de UT-onderzoeksgroep ZoARG (Zorgvuldige Aanleg en Reductie Graafschade; www.zoarg.com). Uiteindelijk hebben 48 respondenten¹ uit de sector op het verzoek gereageerd door de vragenlijst in te vullen.

DE LISTSOPGENOMEN IN APPENDIX 1 EN STARTT MET 4 VRAGEN OVER DE ACHTERGROND VAN DE RESPONDENT (BIV. OVER DE CROW/500 ROL DIE ZE BINNEN DE GRAAFKETTEN VERVULT), DAARNA VOLGDEN 13 VRAGEN OVER DE HUIDGEWISSE VAN 2D DATA-UITWISSELINGEN VS VISUALISATIE 2D, DE POTENTIE VAN HET GEBRUIKEN VAN 3D VS VISUALISATIE EN DE RANDVOORWAARDEN

DIE DAARBIJ GELDEN. APPENDIX 1: ENQUÊTEVRAGEN

Hoewel bij analyse van het interview geen persoonsgegevens zijn meegenomen, is wel gevraagd een email-adres in te vullen om ervoor te zorgen dat één en dezelfde respondent niet meermaals de vragenlijst invulde.



Er waren twaalf open vragen. Naderhand zijn de ingevulde enquêtes geanalyseerd. Kwalitatieve analyse vond plaats door de overeenkomsten en verschillen tussen de verscheidene open antwoorden te verkennen en de patronen hiertussen te beschrijven. Antwoorden zijn daarvoor gethematiseerd en uiteindelijk samengevoegd tot een aantal stellingen over randvoorwaarden en een aantal uitgewerkte 3D use cases. Kwantitatieve analyse vond ook plaats op basis van vijf gesloten enquêtevragen waarin deelnemers hun mening of oordeel over 2D en 3D KLIC uitdrukten op een vijfpuntschaal. De gemiddelden en verdeling van deze antwoorden zijn in een histogram (boxplot) uitgewerkt. De kwalitatieve antwoorden werden gebruikt om de scores op de gesloten vragen te interpreteren.

2.2. INTERVIEW

Tijdens de interviews werd waarde van 3D in toekomstig situaties verkend. De leidraad voor de interviews was een set van 11 open vragen (zie Appendix 2: Interviewvragen). Twaalf deelnemende personen representeerden verschillende graafketen-organisaties (zie Tabel 1). Zij hadden al in enige mate ervaring met 3D, omdat hun organisatie er eerder mee in aanraking was geweest. Geïnterviewde respondenten benoemden voordelen van 3D. Ze beschreven ook mogelijke gebruikstoepassingen voor het geval dat 3D ingevoerd zou zijn (zgn. use cases) in de context van WIBON.

De interviews duurden ongeveer één uur. De data uit te interviews is geanalyseerd door uit de gespreksverslagen gebruikstoepassingen en voordelen van 3D af te leiden. Door codering van uitspraken en samenvoeging van de codes van respondenten, ontstond een opsomming van uitgewerkte voordelen en use cases. Deze afgeleide use cases zijn vervolgens gebruikt om het experiment te ontwerpen.

TABEL 1: AANTAL GEÏNTERVIEWDEN EN BIJBEHORENDE ROLLEN IN DE GRAAFKETEN

CROW-500 Rollen	Aantal geïnterviewden
Aannemer	1
Netbeheerder	3
Grondroerder	2
Opdrachtgever	1
Overig	2

2.3. EXPERIMENT

Het interview en de enquête gaven een eerste beeld over de behoefte aan 3D en mogelijke toepassingen. De antwoorden op deze vragen werden door vele respondenten niet gegeven vanuit een concrete of specifieke eigen ervaring met 3D. Om daarom te bekijken in hoeverre de gegeven antwoorden overeenkomen met de meningen van personen die ‘hands on’ met 3D werken, is daarom een experiment gehouden. Het experiment gaf, naast inzicht op potentiële voordelen, een blik op de praktische beperkingen en randvoorwaarden.

Aan het experiment namen dertien personen deel. Het vond plaats bij het Kadaster te Zwolle. Aan deelnemers werd gevraagd hun eigen laptop mee te nemen met daarop een werkende internetbrowser (bijv. Edge, Chrome). De 3D data- en visualisatietools voor het experiment waren benaderbaar via deze browser. Deelnemers behoefden daarom geen software te installeren. Voorafgaand aan het experiment werd de tijd genomen om de deelnemers kennis te laten maken met de gebruikte 3D viewer.

Tijdens het experiment werd aan de deelnemers gevraagd om per use case een ontwerp- of engineeringopdracht uit te werken. De groep werd hiervoor in tweeën verdeeld: één groep werkte aan een use case met behulp van 2D data (nl: een 2D oriëntatiemelding in de KLIC-viewer), terwijl de andere groep voor deze use case gebruik maakte van 3D data (te weten ene model in de Autodesk Viewer). Bijna iedere deelnemer voerde het experiment individueel uit, maar vier deelnemers hebben vanwege technische beperkingen als duo gewerkt.



De use cases die uit de interviews konden niet allen worden uitgewerkt. We selecteerden daarom use cases op basis van hun uitvoerbaarheid in 2D en 3D en het aantal keren dat hierna verwezen in interviews. Dit leidde tot vier cases die tijdens het experiment aan bod kwamen:

1. Het inventariseren van tracé en conflicterende kabels en leidingen bij het vervangen van een rioolbuis;
2. Het bepalen van de locatie en het aantal proefsleuven om het ontwerp van een nieuwe middenspanningskabel te kunnen ondersteunen;
3. Het plannen van een intrede- en uitredepunt en tracé van een gestuurde boring voor een waterleiding;
4. Het bepalen van locaties van waterberging onder de grond in een woonwijk.

Tijdens het experiment observeerde het onderzoeksteam. Het noteerde discussiepunten (over bijvoorbeeld de voordelen of beperkingen van 2D en 3D die op dat moment werden ervaren). Er werden ook video-opnames gemaakt om de interacties achteraf nader te kunnen bekijken. Tevens is naderhand gevraagd aan de deelnemers om een evaluerende vragenlijst met 36 vragen (20 gesloten vragen) in te vullen. Een analyse van de open vragen uit deze lijst leidde tot een aanvulling op het overzicht van voordelen en randvoorwaarden voor 3D.

2.4. FOCUSGROEP

De focusgroepmethode is gebruikt om de resultaten van de drie eerdergenoemde stappen te bespreken met vertegenwoordigers van verschillende rollen binnen de graafketen. De sessie startte met een presentatie van onze voorlopige inzichten ten aanzien van het huidige gebruik van 2D en 3D alsmede de voordelen en randvoorwaarden van gevonden 3D use cases.

De focusgroepsessie bestond vervolgens uit twee delen. In het eerste deel werden de use cases van het experiment toegelicht samen met beoogde waarde die 3D hieraan toevoegt. In het tweede deel werden de beperkingen en randvoorwaarden voor het implementeren van 3D aangehaald. In totaal waren er zes deelnemers die onder leiding van een moderator hun mening gaven over eerdergenoemde onderwerpen. De focusgroepsessie leidde uiteindelijk tot enkele nuanceringen en overwegend een bevestigingen van onze bevindingen.

2.5. ROADMAPONTWIKKELING

Met behulp van de use cases en randvoorwaarden die afgeleid waren uit eerste onderzoeksactiviteiten, zijn door het onderzoeksteam een aantal kernactiviteiten en milestones geïdentificeerd. Deze zijn onderverdeeld in categorieën die voor de korte, middellange en langere termijn ontwikkelingen beschrijven die voor een beweging richting 3D belangrijk zijn. De roadmap beschrijft tevens welke activiteiten plaats dienen te vinden om dit te bereiken. De concept-roadmap is een discussiestuk dat in de toekomst gezamenlijk met de sector zal moeten worden uitgewerkt.

2.6. LEESWIJZER

De resultaten die voortkomen uit de interviews, enquête, het experiment en de focusgroep zijn na analyse per thema samengevoegd. Hoofdstuk 3 'resultaten: huidige stand van zaken 2D en 3D' is gebaseerd op de analyse van de data uit de interviews- en enquêtes (onderzoeksvraag 1). Hoofdstuk 4 'resultaten: te behalen voordelen uit 3D use cases' beschrijft op basis van dezelfde data welke voordelen er door geïnterviewden werd gezien. Hoofdstuk 5 'resultaten: use case experiment' ligt vervolgens toe aan welk type use case er een waarde wordt toevoegt wanneer er een 3D-voorbereid KLIC WIBON zou bestaan. Deze bevindingen volgen met name uit de interviews (onderzoeksvraag 2). Hoofdstuk 6 'resultaten randvoorwaarden 3D-KLIC WIBON' beschrijft op basis van het experiment hoe deze voordelen ook behaald kunnen worden in de praktijk (onderzoeksvraag 3). Hoofdstuk 7 'roadmap' gaat tot slot in op de randvoorwaarden die nodig zijn om waarde uit 3D te kunnen halen. Deze bevindingen komen met name voort uit de enquête en het experiment. In de Hoofdstukken 4 tot en met 7 zijn op integrale wijze alle bevindingen opgenomen uit de focusgroep.



3. RESULTATEN: HUIDIGE STAND VAN ZAKEN 2D EN 3D

Uit de interviews en enquêteresultaten blijkt dat KLIC-data wordt gebruikt voor verschillende activiteiten en door verschillende actoren uit de graafketen. Zoals hieronder besproken, lopen de meningen over de huidige functionaliteiten van 3D, het gebruik van 3D en de potentie van 3D loopt uiteen.

3.1. GEBRUIK VAN 2D KLIC BINNEN GRAAFKETEN

Veel van de activiteiten waarvoor 2D KLIC-data wordt gebruikt, vallen binnen hetgeen door CROW-500 is voorgeschreven ten behoeve van de plicht om zorgvuldig te graven. Aannemers, netbeheerders en opdrachtgevers maken om diverse redenen gebruik van KLIC.

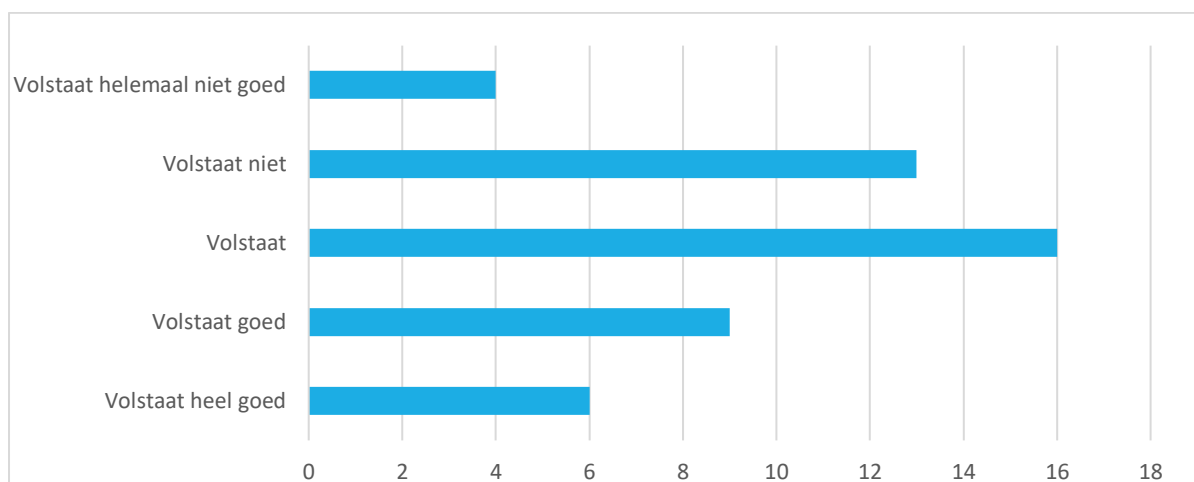
Alle *aannemers* geven aan KLIC-data te gebruiken voor het maken van ontwerpen, ter oriëntatie op een project en ter ondersteuning van werkvoorbereiding. Ze gaven tevens aan dat het wettelijk verplicht is om een graafmelding te doen, voordat men graaft of calamiteiten oplost (d.w.z. schade aan kabels en leidingen repareren).

Netbeheerders gebruiken KLIC-data meestal niet ter voorbereiding van eigen graafwerkzaamheden, tenzij zij een calamiteitenmelding afhandelen. In dat geval doet de netbeheerder wel een melding, omdat het deze werkzaamheden meestal zelf uitvoert. Daarnaast doen netbeheerders soms een oriëntatieverzoek ter voorbereiding van gestuurde boring (tracéontwerp). Enkele netbeheerders besteden engineering-werkzaamheden uit, maar anderen ontwerpen hun netwerk zelf. De laatstgenoemde netbeheerders doen hiervoor een oriëntatie- of graafmelding. Netbeheerders leveren verder KLIC-data aan ter ondersteuning van activiteiten van aannemers en derden.

Opdrachtgevers gebruiken KLIC-data, net als gemeenten, hoofdzakelijk ter oriëntatie. Bijvoorbeeld bij het ontwerpen van een stedenbouwkundige inrichting (bijv. pleinen, bomen) of bij voorbereiding van een civieltechnisch project (bijv. riolering, of wegvernieuwing).

3.2. HUIDIGE 2D UITWISSELING: STERKE PUNTEN EN VERBETERMOGELIJKHEDEN

Momenteel wordt data in 2D en conform de IMKL2.0² informatiestandaard uitgewisseld. Respondenten van de enquête zijn hierover overwegend tevreden. Figuur 2 geeft de verdeling aan van antwoorden op de vraag in hoeverre 2D informatie volstaat voor het uitvoeren van huidige taken. We bespreken hieronder de sterke punten en verbeterpunten van het huidige systeem en sluiten af met een beschrijving van het huidige gebruik van 3D.



FIGUUR 2: MATE WAARIN DE HUIDIGE MANIER VAN 2D INFORMATIE-UITWISSELING VOLDOET

² <https://www.geonovum.nl/geo-standaarden/informatiemodel-kabels-en-leidingen#standaard>



Uit de toelichting van de 48 enquêtedeelnemers werd het volgende over de huidige KLIC data-uitwisseling en visualisatie in 2D afgeleid. Ten eerste is de uitwisselingsnelheid genoemd een van de sterke punten binnen het data-uitwisselingsstelsel. Officieel moet de data binnen twee dagen ontvangen worden door de partij die een melding doet, maar vaak is dat al binnen een uur het geval. Daarnaast werd als positief aspect aangegeven dat alle data te vinden is via een centraal portaal en dat veel informatie gestandaardiseerd is (nl. volgens IMKL), waardoor er een draagvlak is ontstaan binnen de sector om KLIC te gebruiken. Een besproken standaard was bijvoorbeeld dat contactgegevens van belanghebbenden en eigenaren eenvoudig te vinden zijn wanneer men een graaf- of oriëntatiemelding in een viewer opent.

Er werden een aantal verbeterpunten benoemd voor de huidige 2D data-uitwisseling. Ten eerste gaven *vele respondenten* aan dat z-coördinaat van de kabels en leidingen erg belangrijk is, maar dat deze momenteel ontbreekt. In mindere mate geldt dit ook voor de diameter van een leiding. *Eén aannemer* gaf aan dat de z-coördinaat zelfs al van belang kan zijn als het indicatief is en niet geheel accuraat. Een geïnterviewde *opdrachtgever* en *aannemer* gaven zelfs aan dat deze coördinaat van dermate groot belang was dat zij hun een eigen database met geverifieerde z-coördinaten willen gaan bijhouden (of dit al doen).

In tegenstelling tot het bovenstaande, gaven enkele *netbeheerders*, met name telecomnetbeheerders, aan dat 3D voor hen geen toegevoegde waarde heeft, omdat hun netwerken ondiep geplaatst zijn en mede daardoor al frequent worden verplaatst. Zij stelden dat dit de betrouwbaarheid van hun 3D dataset negatief beïnvloedt.

Daarnaast werden de betrouwbaarheid en nauwkeurigheid van de data in alle richtingen (x, y en z) overwegend³ genoemd als aspecten die verbetering nodig hebben. Ondanks dat de z-coördinaat op dit moment nog niet wordt meegegeven, is het algemeen bekend binnen de sector dat niet alle kabels of leidingen in Nederland op de standaarddiepte liggen. De verscheidenheid in diepteligging benadrukt de noodzaak van zorgvuldige registratie. Verder wordt er volgens de respondenten te weinig gebruik gemaakt van de terugkoppeling vanuit de grondroerder (de zgn. 'melding afwijkende ligging'), wanneer kabels op een andere locatie liggen dan van tevoren was aangegeven via de graafmelding. Daarbij is benoemd dat het toevoegen van huisaansluitingen op tekeningen nog niet altijd gebeurt, ondanks dat dit een verplicht onderdeel van de netinformatie is.

Verder waren er nog een reeks minder frequent genoemde verbeterpunten. Een aannemer gaf aan dat het momenteel lastig is om te oriënteren in de KLIC-viewer. Er ontbreken bijvoorbeeld standaarden voor het inmeten van boringen en het visualiseren van kabel(bundel)s. Dit zorgt op de bouwplaats voor meer voorzichtigheid dan nodig, aldus een aannemer. Binnen IMKL worden bovendien mantelbuizen en duikers op verscheidene wijzen gevisualiseerd. Kabels en leidingen die bijvoorbeeld in een mantelbuis liggen, worden niet altijd gevisualiseerd in een buis, maar soms zijn deze naast elkaar geprojecteerd op een kaart. Dit zorgt voor overschatting van bezette ruimte in de grond en dus overbodig graafwerk.

Al met al blijkt dat er geen volledige consensus is over de huidige waarde van 2D en verbeterpunten. Waar de huidige standaard volstaat voor enkele stakeholders, is dat voor anderen niet het geval. Netbeheerders – met name telecom - zien weinig noodzakelijke verbeterpunten. Hun argumenten tegen het gebruik van 3D zijn onder andere dat huidige data niet up-to-date zijn en dat bovengrondse situaties veelvuldig veranderen en ten gevolge hiervan het ingewikkeld blijft om de ligging continu bij te houden.

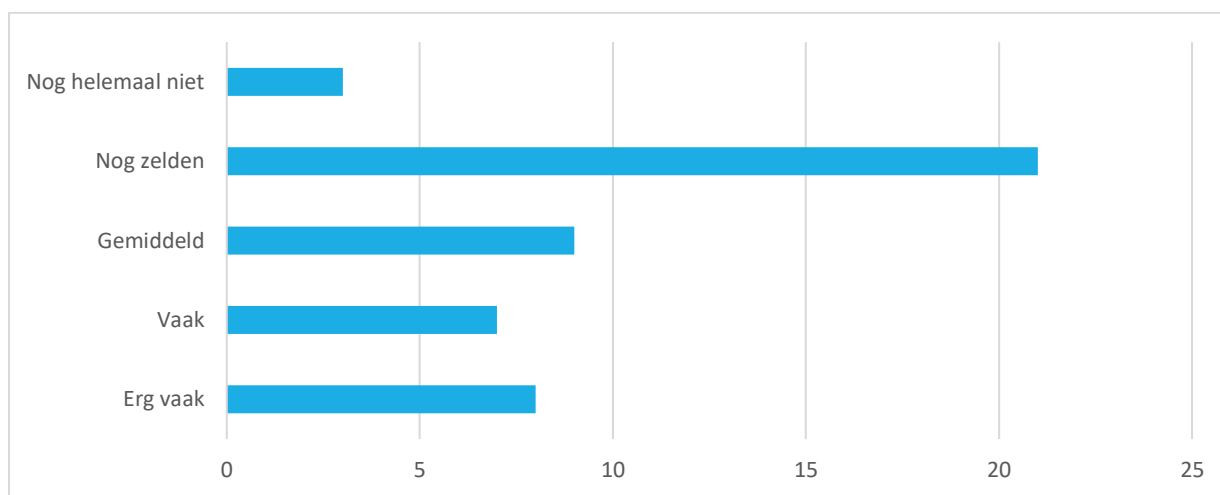
³ De meningen ten aanzien van betrouwbaarheid van KLIC-data varieerden: drie netbeheerders gaven aan dat de uitwisseling van informatie over x,y-ligging wél volstaat, terwijl 18 respondenten van de enquête aangaven dat betrouwbaarheid een verbeterpunt is.



3.3. GEBRUIK EN WENSEN RICHTING 3D

In zijn algemeenheid geeft het bovenstaande een indicatief beeld van hoe de graafsector denkt over de huidige data-uitwisseling en visualisatie. Hoewel enkele aspecten (zoals toevoegen z-coördinaat) aangepast zullen moeten worden een 3D model te kunnen genereren, zijn andere benoemde verbeterpunten (bijv. betrouwbaarheid) niet alleen relevant voor 3D visualisatie. Deze onderwerpen verdienen aandacht binnen de graafsector, maar zullen dus zowel bij 2D als 3D een probleem zijn.

Om het huidige gebruik van 2D in perspectief van dit onderzoek (waarde 3D) te plaatsen, is ook gevraagd in hoeverre men reeds bekend is met 3D. Figuur 3 geeft de verdeling van de antwoorden aan. Driedimensionale informatie wordt nog relatief weinig gebruikt in de graafketen. In totaal geeft circa 50% van de respondenten aan nog helemaal niet of nog zelden te werken met 3D data (zie Figuur 3).



FIGUUR 3: DE MATE WAARIN 3D INFORMATIEVOORZIENING WORDT GEBRUIKT ORGANISATIES VAN ENQUÊTE-RESPONDENTEN

Aan de enquêtedeelnemers werd tevens gevraagd om te beoordelen (op een vijfpuntschaal; 1 = zeer klein, 5 = zeer groot) hoe groot hun behoefte is aan 3D-data en -visualisaties. De vraag werd beantwoord door 4 aannemers, 5 grondroerders, 21 netbeheerders, 13 ontwerpers en 4 opdrachtgevers. Er zijn verschillen te constateren per doelgroep, maar dit dient voorzichtig te worden geïnterpreteerd, omdat de dataset niet representatief lijkt⁴.

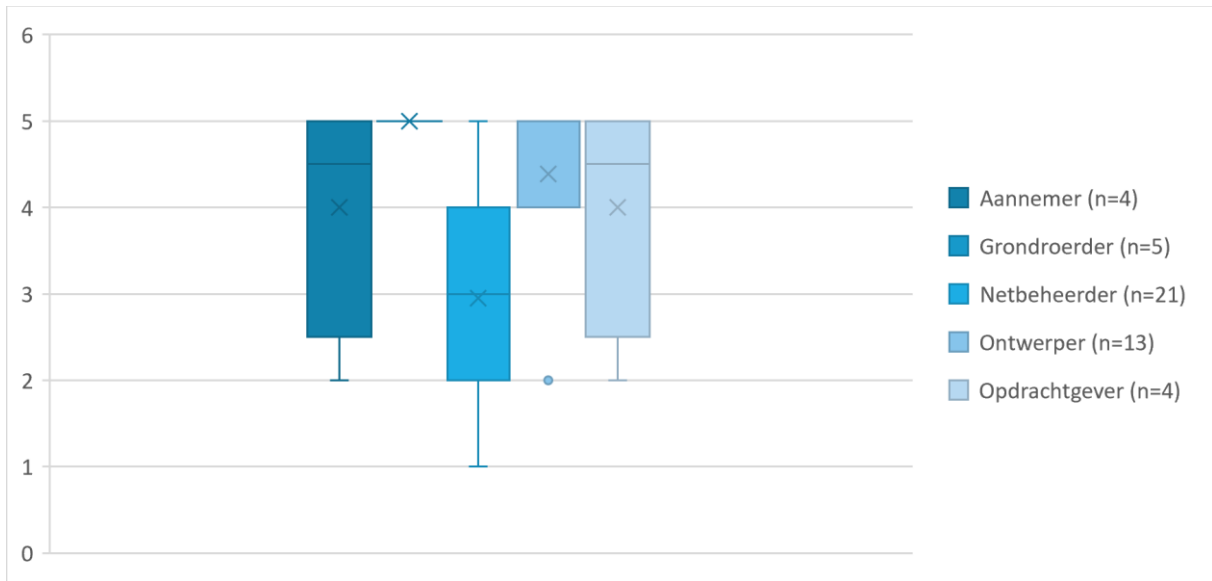
Figuur 4 weergeeft de antwoorden in een boxplot⁵. Het laat zien dat de behoefte aan 3D verschilt per graafsectorrol. Aannemers en opdrachtgevers hebben de vraag hetzelfde beantwoord: voor hen is er een relatief grote spreiding in de behoefte aan 3D, maar de gemiddelde score (4) en de mediaan (4.5) liggen hoog. Het merendeel van de antwoorden lag tevens boven dit gemiddelde. Alle grondroerders beantwoordden de vraag met 5 (zeer grote behoefte aan 3D). Antwoorden van netbeheerders zijn gelijkmatig verdeeld tussen het minimum, gemiddelde (2.9), de mediaan (3) en het maximum. Ontwerpers geven overwegend aan een grote of zeer grote behoefte te hebben aan 3D (met een gemiddelde van 4.3 en mediaan van 5).

⁴ Omdat er voor sommige graafsectorrollen een klein aantal enquêtedeelnemers waren, is het waarschijnlijk dat de waargenomen spreiding niet representatief is. Met name bij aannemers (4), grondroerder (5) en opdrachtgevers (4) is het aantal deelnemers laag. Wanneer er meer deelnemers vanuit deze doelgroep zouden zijn gegeven, ware *n* inschatting van de spreiding betrouwbaarder.

⁵ Een boxplot visualiseert de spreiding van een antwoordenreeks. De mediaanlijn in het midden van een blauwe box weergeeft het middelste getal van alle gerangschikte antwoorden. Het gemiddelde van de reeks is aangegeven met een *x*. Iedere (blauwe) box bevat verder een ondergrens (Q1) en bovengrens (Q3). Deze grenzen delen iedere antwoordenreeks op in vier delen: 25% van de antwoordenreeks ligt tussen de ondergrens en de mediaan; 25% ligt tussen de mediaan en de bovengrens; 25% van de getallenreeks valt tussen min-Q1; en Q3 -max zijn ook 25%



Met uitzondering van netbeheerders, is er binnen de graafketen dus een grote tot zeer grote behoefte van 3D. Onder netbeheerders varieert de behoefte meer en bestaat er dus zowel een kleinere als grotere behoefte.



FIGUUR 4 - BEHOEFTE AAN 3D DATA EN/OF VISUALISATIE – GEATEGORISEERD NAAR GRAAFKETENROL



4. RESULTATEN: TE BEHALEN VOORDELEN UIT 3D USE CASES

Uit de verkennende interviews zijn 3D use cases afgeleid. Dit zijn gebruikstoepassingen waarbij een 3D KLIC-model ingezet wordt ter ondersteuning van ontwerp-, engineering- en werkvoorbereidingstaken⁶. De volledige lijst van use cases staat hieronder beknopt beschreven. De use cases zijn deels overlappend.

1. het oriënteren op projectlocatie: een 3D model helpt bij het verkennen van een projectsituatie, zowel door experts als door niet-kenners (bijv. omwonenden of beleidsmakers). Het brengt de gelaagdheid van de ondergrondse samenstelling in beeld en geeft hierdoor een eerste indruk van de benodigde werkzaamheden in een gebied.
2. het verkennen van complexiteit: een 3D model maakt ruimtelijke complexiteit visueel, door diepte en geometrie toe te voegen aan een schematische 2D tekening. Op een locatie met 'gestapelde' leidingen, bijvoorbeeld in een dichtbebouwd gebied, ligt de ondergrond vol en is de schematische weergave van 2D polylijnen onvoldoende geschikt om complexiteit in te kunnen schatten. 3D biedt hier beter inzicht, zowel voor ontwerpers als voor personen op de bouwplaats.
3. het maken van een ontwerpplan: 3D informatie helpt om in te schatten welke aanpassingen er gedaan moeten worden in een bestaande situatie. Door gepresenteerde hoogtes en diameters, wordt bijvoorbeeld helderder welke kabels en leidingen er verlegd dienen te worden.
4. het ontwerpen van een tracé: bij het ontwerpen van een nieuw tracé zijn kruisingen, duikers en bundels aspecten die aandacht verdienen, omdat ze ruimtelijke knelpunten met andere typen infrastructuur kunnen veroorzaken. Knelpunten kunnen zowel dwars- als in lengterichting van een tracé voorkomen. Een 3D model helpt om deze locaties in kaart te brengen. Dit is bijzonder relevant in geval van tracéontwerp van warmtenetten, omdat deze starre buisinfrastructuur relatief lastig te verleggen is.
5. het voorbereiden en uitvoeren van een gestuurde boring: bij het ontwerpen van een gestuurde boring is het bepalen van een in- en uittredepunt belangrijk. Beperkingen ten aanzien van de keuze voor deze posities komen voor, omdat bestaande (conflicterende) ondergrondse infrastructuur (veelal) niet verlegd wordt bij een boring. Een 3D model maakt knelpunten, tracékeuzes en mogelijke in- en uittredepunten inzichtelijker.
6. het bepalen van proefsleuflocaties: het bepalen van proefsleuflocaties is mede afhankelijk van de bestaande complexiteit en onzekerheid van netinformatie. Deze informatie is goed in 3D weer te geven en kan dus leiden tot een gerichtere keuze voor sleuflocaties.
7. het ondersteunen van uitvoeringswerkzaamheden: 3D modellen kunnen helpen om graafschades tijdens uitvoeringsprocessen te beperken en om graafbewegingen in te perken. Indien er namelijk betrouwbare 3D modellen worden gebruikt, zijn graafrisico's beter in te schatten. Er kan dan mogelijk op enkele bouwplaatsen ook minder uitgebreid handmatig worden gegraven door een voorsteker. Omdat de ondergrondse complexiteit bovendien beter in te schatten valt, is het mogelijk om de productiviteit preciezer in te schatten. Ruimtelijke knelpunten waarbij een kruisende gasleiding om een riool heen gelegd moet worden, zijn bijvoorbeeld in 3D op voorhand te identificeren (terwijl deze momenteel soms tijdens uitvoering pas worden ontdekt). Als een dergelijk knelpunt pas tijdens het bouwproces en in de winter wordt ontdekt, kunnen gasleidingen niet zonder meer worden onderbroken. Dit leidt tot vertraging en verlaagde productiviteit.
8. het integreren van de ondergrond in ruimtelijke vraagstukken: ontwerp van ondergrondse afvalcontainers, bomen en waterbergingsoplossingen (i.h.k.v. klimaatadaptatie) dienen rekening te houden met bestaande en nieuwe kabels- en leidingen. Ook grondwaterstand is een fenomeen dat kabels en leidingen beïnvloedt. Als dit allemaal in 3D wordt gevisualiseerd, worden afhankelijkheden tussen de vraagstukken inzichtelijk.

4.1. VOORDELEN

Wanneer 3D KLIC-data wordt gebruikt, is het aannemelijk dat de graafketen(partij) een use case beter kan uitvoeren (t.o.v. 2D KLIC). Een voorbeeld van kwaliteitsverhoging door inzet van 3D is het verbeteren van een risico-inventarisatie. Zowel tijdens het ontwerp als tijdens de uitvoering is een 3D model namelijk bruikbaar om

⁶ Het uitvoeringsproces is weliswaar meegenomen in deze beschouwing, maar er zijn geen experts vanuit uitvoering (projectmanagers, uitvoerders) gesproken



te analyseren waar er graafschaderisico's bestaan. Deze kwaliteitsverhoging kan uiteindelijk het aantal graafschades inperken, omdat knelpunten worden gevonden voordat risicovolle graafwerkzaamheden starten.

Naast beperking van schades, biedt de aanwezigheid van 3D ook de kans om processen gemakkelijker uitvoerbaar te maken. Diepteaspecten, zoals z-ligging of dek, rioolval en grondsamenstelling kunnen gevisualiseerd worden en helpen bij het maken van ontwerpkeuzes. Hetzelfde geldt voor het bepalen van proefsleuflocaties. Ook dit proces wordt gemakkelijker uitvoerbaar en kan tot betere selectie van proefsleuflocaties. De vergroting van efficiëntie bespaart voorsteken, beperkt risico, en bespaart kosten.

Het gebruik van 3D voor ontwerp en tijdens uitvoering leidt verder mogelijk tot een betere inschatting van doorlooptijd van werkzaamheden. Een 3D model verkleint de kans op vertraging en meerwerk.

Een ander voordeel treedt op ten aanzien van data-inwinning en -beheer. Momenteel worden dieptegegevens van netwerken niet geregistreerd volgens nationale standaarden. Het uitwisselen van hiervan via KLIC is optioneel (dus niet verplicht). Niettemin beheren enkele aannemers en netbeheerders wel gegevens over diepte (of z-waarde) van netwerken of andere ondergrondse objecten. Omdat deze gegevens niet voldoende worden uitgewisseld, bestaat de kans dat eenzelfde netwerk meermaals wordt ingewonnen en gelijktijdig wordt geregistreerd in systemen van meerdere aannemers en netbeheerders. Een 3D KLIC-uitwisseling maakt het mogelijk om ook 3D data op een kleiner aantal plaatsen (centraal of decentraal) te bewaren. Dit bespaart inmeet- en datamanagementkosten.

4.2. FOCUSGROEPREFLECTIE OP USE CASES EN VOORDELEN

De use cases zijn tijdens de focusgroep besproken. Hierbij werd bevestigd dat de bovenstaande lijst met use cases realistisch en compleet is. Er zijn geen nieuwe voordelen toegevoegd naar aanleiding van deze discussie. Er werd wel benadrukt dat er aan randvoorwaarden zal moeten worden voldaan om iedere use case tot stand te kunnen brengen. Deze komen aan de orde in hoofdstuk 6.

De focusgroep benadrukte verder dat er steeds vaker conflicten in de ondergrond optreden, omdat de druk op de ondergrond toeneemt vanwege ruimtelijke transitievraagstukken. In geval van (energie)transportleidingen bijvoorbeeld, wordt momenteel overwogen om tracés die louter voor transportleidingen zijn gereserveerd, ook in te zetten voor aanleg van andere leidingtypes. De noodzaak om 3D use cases mogelijk te gaan maken, neemt hiermee toe.



5. RESULTATEN UIT USE CASE EXPERIMENT: GEMAK, GESCHIKTHEID VAN EN COMMUNICATIE MET 3D

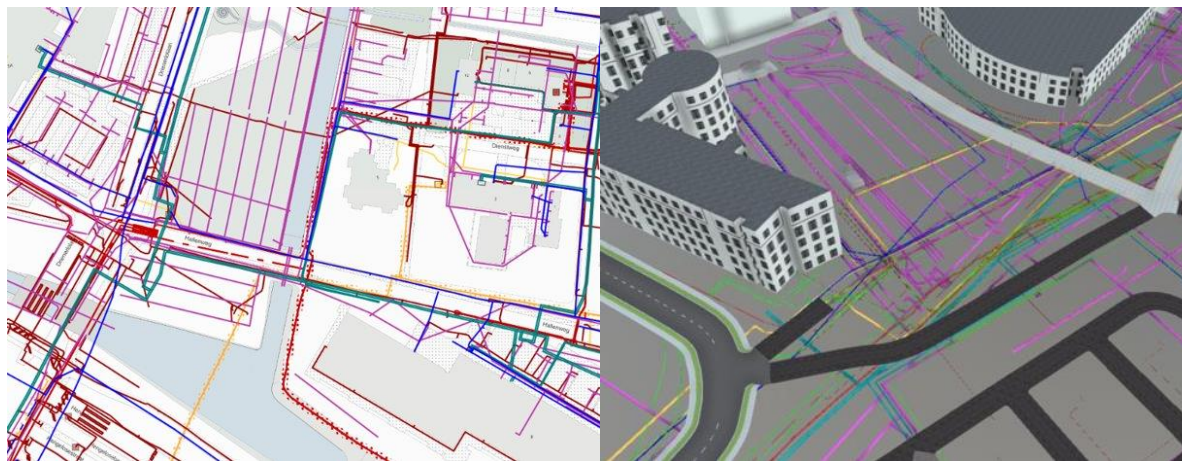
Vier van de bovengenoemde use cases zijn verder belicht tijdens het vergelijkende experiment. Na een selectie van de vier use cases (op basis van selectiecriteria bekendheid en uitvoerbaarheid⁷) werkte het onderzoeksteam deze uit tot een oefening voor deelnemers. Het uitgangspunt hierbij was dat alle deelnemers voldoende inhoudelijke kennis hadden om aan de casussen te werken. De deelnemers werden willekeurig over twee groepen verdeeld.

Tijdens het experiment kregen deelnemers een fictieve opdrachtomschrijving. Deze bestond uit taken die normaliter ook in context van de WIBON zouden moeten worden uitgevoerd. Ze mochten voor de opdracht een 2D of 3D tool gebruiken. Op voorstel van de deelnemers (en het Kadaster) is ervoor gekozen om beide groepen minimaal twee keer een casus in 3D uit te laten werken. Tabel 2 geeft aan welke tools (2D of 3D) de deelnemers uit hebben gebruikt. Casus vier bleek binnen de gestelde tijd niet uitvoerbaar groep 1.

TABEL 2 - TOEBEDELING VAN GROEPEN AAN 2D EN 3D TOOLS VOOR UITVOERING VAN DE VIER USE CASES

	Groep 1	Groep 2
Use case 1 Rioolvervangning	2D	3D
Use case 2 Proefsleuven	3D	2D
Use case 3 Gestuurde boring	3D	3D
Use case 4 Waterberging	Niet uitgevoerd	2D

Het experiment had als doel om de ervaringen van de deelnemers met de 2D en 3D viewers te verkennen. Als 2D visualiseringstool werd de KLIC-viewer van het Kadaster gebruikt. Autodesk Viewer⁸ was 3D visualiseringsomgeving. Het 3D model werd opgebouwd vanuit 'standaard' diepteliggings (en diameters) van kabels en leidingen. De beide omgevingen zijn geïllustreerd in Figuur 55.



FIGUUR 55: DE OMGEVING WAARIN EXPERIMENT-DEELNEMERS AAN EEN USE CASE WERKTEN: A) CASUS IN DE 2D KLIC VIEWER, B) CASUS IN DE AUTODESK 3D VIEWER

Hieronder wordt besproken hoe de deelnemers de 2D en 3D viewers hebben beoordeeld op de aspecten gebruikersgemak, geschiktheid ter ondersteuning van de use case en de potentie in het ondersteunen van communicatie met collega's. Alle beoordelingen zijn weergegeven in een boxplot.

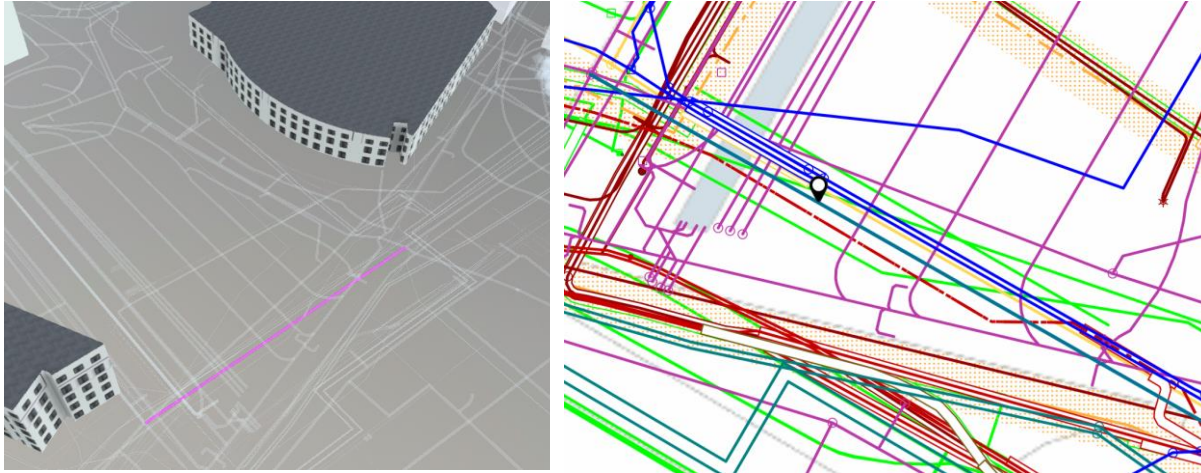
⁷ We selecteerden use cases die veel genoemd werden door interviewrespondenten en waarvoor binnen de experimentele setting een oefening van 30 minuten te ontwikkelen was.

⁸ <https://viewer.autodesk.com/>



5.1. USE CASE 1: RIOOLVERVANGING

Bij deze use case werden de deelnemers een plan te maken voor een te vervangen rioolleiding. Hiervoor moesten zij het te vervangen riool identificeren en daarbij een plan te maken voor te verleggen kabels en leidingen. We vroegen de deelnemers om een schematische tekening te maken om hun resultaat vast te leggen. Figuur 6 geeft een visueel beeld van de casus in 2D en 3D.



FIGUUR 6: TE VERVANGEN RIOOLBUIS IN DE 3D SITUATIE (LINKS -PAARS) EN IN DE 2D SITUATIE (RECHTS-GEMARKEERD)

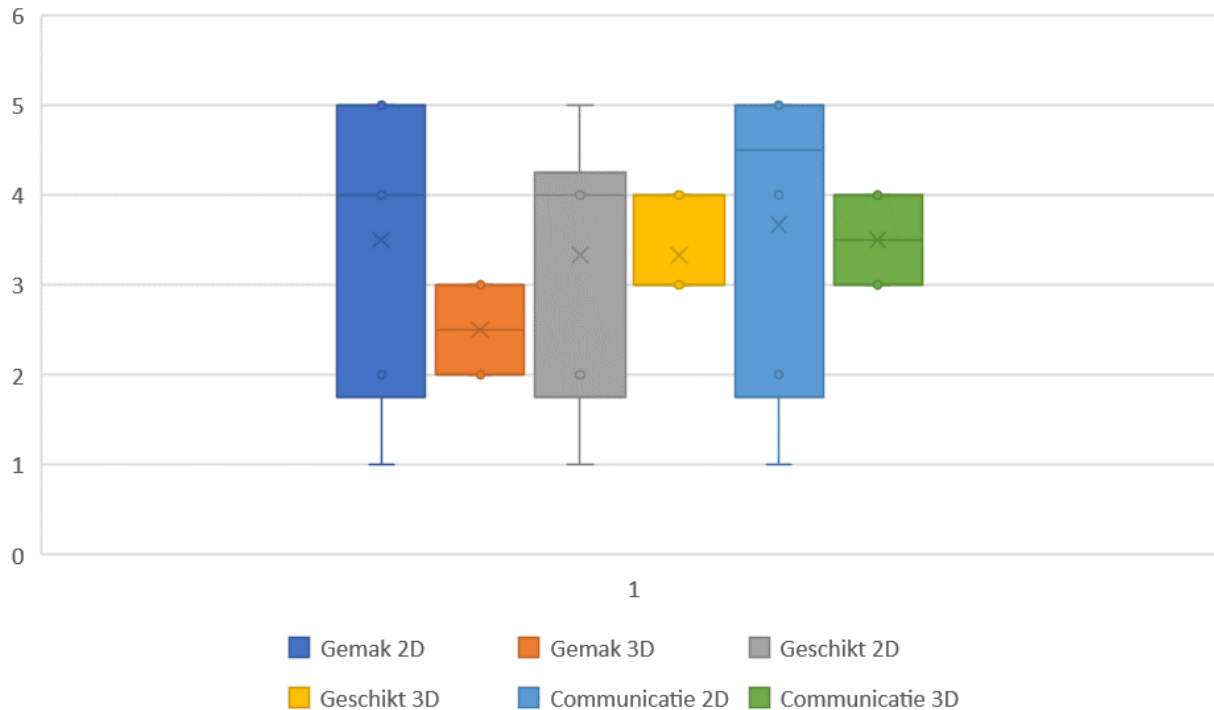
De deelnemers gaven na uitvoering van de casus een beoordeling over het gebruik van de 2D en 3D viewers. In de boxplot van 7 is te zien dat de 2D viewer bij alle beoordelingsaspecten een grote spreiding heeft. Dit geldt voor de drie items: geschiktheid, gemak en communicatiepotentieel. De gemiddelden van 3D zijn bij items geschiktheid en communicatiepotentieel min of meer gelijk. Bij geschiktheid scoort 2D hoger dan bij het item gemak.

Deelnemers die de use case in 2D uitvoerden beoordeelden het gemak van de door hun gebruikte visualisatietool hoger dan de groep die deze use case in 3D uitwerkte. In de toelichting op de beoordelingen gaven deelnemers aan dat ze met de 2D KLIC-viewer bekend waren. Ze vonden het vertrouwd werken en lichtten toe dat informatie netbeheerders, type leidingen en 'labels' goed te vinden waren in de viewer. Ook gebruikte men de functionaliteit 'afstand meten' en waren coördinaten van punten in het netwerk goed vindbaar. De 2D tekeningen waren overzichtelijk en ook bruikbaar voor communicatie met collega's. Maar het selecteren van een leiding (om attribuut informatie te kunnen tonen) bleek wel lastig.

De 3D Autodesk viewer werd daarentegen als minder gemakkelijk beoordeeld. Met name de oriëntatie en onbekendheid met de interface behoeften gewenning. Functies zoals zoomen en 'slicen' van een dwarsprofiel, alsmede het opvragen van een z-coördinaat, bleken lastiger te gebruiken. Opvallend is wel dat de spreiding van de antwoorden in 2D groter is dan bij 3D. Dit suggereert dat meningen over de waarde van 2D sterker verschillen dan over 3D. Dit komt mogelijk, omdat ook ten aanzien van 2D KLIC de nodige verbeteringen bestaan (zie paragraaf 3.2).

Ten aanzien van het criterium geschiktheid, hadden de 2D en 3D viewers ongeveer dezelfde gemiddelde scores. Een veel genoemde toelichting van deelnemers op dit criterium is dat 3D het voordeel heeft dat het ruimtelijke knelpunten concreter in beeld kan brengen. Voor deze use case, was ondergrondse verloop van kabels en leidingen dus beter gevisualiseerd in de context van omliggende infrastructuur (t.o.v. een conventioneel 2D model).

De beoordeling van het potentieel van 2D en 3D modellen om communicatie tussen stakeholders te ondersteunen, is vergelijkbaar met het voorgaande. De spreiding tussen 2D is opnieuw groter dan bij 3D en zowel 2D als 3D worden door gebruikers als net bovengemiddeld beoordeeld.



FIGUUR 7: RESULTATEN REFLECTIE USE CASE 1 GEVISUALISEERD IN EEN BOXPLOT

5.2. USE CASE 2: BEPALEN LOCATIE PROEFSLEUVEN

Voor use case 2 werkten de deelnemers aan een opdracht voor het aanleggen van een middenspanningskabel. Aan hen vroegen we om langs het tracé een aantal proefsleuflocaties te bepalen. Ze dienden tevens de afmetingen en locaties van de proefsleuven te noteren. Figuur 88 visualiseert het projectgebied van casus 2.



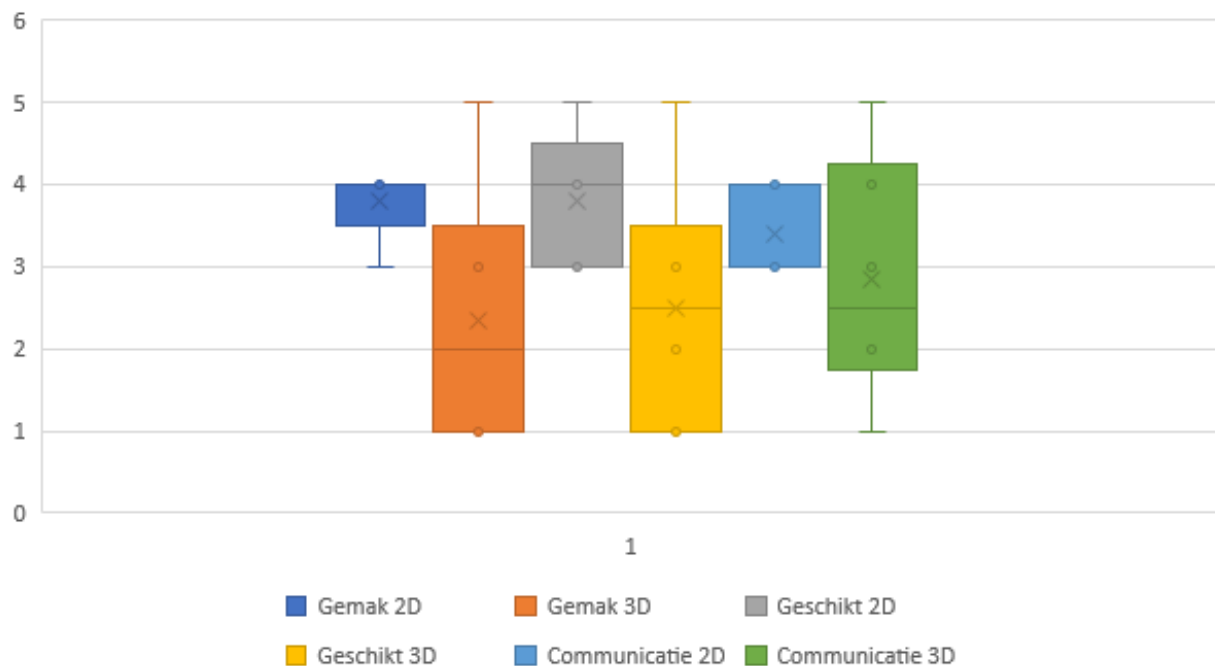
FIGUUR 8: LOCATIE UITVOERINGS OPDRACHT VOOR HET BEPALEN VAN HET AANTAL PROEFSLEUVEN

In de toelichting op de antwoorden gaven respondenten over de 2D tool aan dat de navigatie geschikt en bekend was. Dit bleek bij de 3D casus minder het geval. Het is te zien aan Figuur 9 dat de spreiding in de antwoorden voor de 3D tool een stuk groter is dan bij 2D. Dit was niet het geval bij use case 1.

De gemiddelden en mediaan van alle items liggen bij 3D lager dan bij 2D. In de 3D tool bleek het minder gemakkelijk lastig om afstanden te meten, dwarsdoorsnedes te maken, een perspectief te kiezen en een schaal te selecteren. Omdat x en y coördinaten niet als annotaties zichtbaar waren en, omdat men dit lastiger vond om in 3D view op te zoeken, werd 3D minder geschikt geacht. Daarentegen gaven sommige respondenten aan dat de 3D viewer een betere ruimtelijke context gaf en dat deze visualisatie een bruikbaar inzicht gaf in de diameters van verscheidene buizen.



Ook in de communicatie bleek de 2D viewer naar tevredenheid beoordeeld al werd door een enkeling gevraagd naar meer context. In de toelichting was de verdeeldheid in deze score terug te zien. Een enkele deelnemer leek het lastiger om 3D-informatie uit te leggen aan onderaannemers en uitvoerders, terwijl de ander aangaf dat knelpunten juist concreter in beeld werden gebracht.



FIGUUR 9: RESULTATEN REFLECTIE USE CASE 2 GEVISUALISEERD IN EEN BOXPLOT

OBSERVATIE. Het projectteam observeerde dat respondenten die 3D tools tijdens casus 1 en 2 gebruikten, vroegen om 'meer en betere' informatie over diepte en ondergrond (zoals de z-coördinaat of het vervalpercentage van riolering). Hoewel een deel van deze informatie niet gemodelleerd was (zoals de samenstelling van de ondergrond en z-coördinaat), was deze eveneens niet aanwezig in de 2D viewer. Dit is opmerkelijk, omdat deelnemers die de opdracht in 2D uitvoerden niet vroegen naar deze informatie. Dit doet vermoeden dat ondanks technische belemmeringen, 3D wel meer aanzet tot het 'denken over diepte'.

5.3. USE CASES 3 EN 4 GESTUURDE BORING EN WATERBERGING

Voor casus 3 vroegen we aan de deelnemers om een tracé voor een gestuurde boring te ontwerpen. Het gebied waarin dit tracé moest komen, was reeds druk bezet met bestaande kabels en leidingen, waardoor het intrede-, het uittredepunt en de diepte zorgvuldig moesten worden gekozen. In de tweede casus moest voor een woonstraat een locatie met waterbergingsoplossingen ontworpen worden. Deze berging diende ingepast te worden in de omgeving met bestaande ondergrondse infrastructuur en bomen. Het vinden van vrije ruimte was hierbij dus uitdagend.

Een 3D illustratie van de twee cases in 3D is opgenomen in Figuur 10. Voor use cases 3 en 4 was er geen één op één vergelijking mogelijk tussen beoordelingen op de items gemak, geschiktheid en communicatie voor respectievelijk 2D en 3D (zie Tabel 2 voor een overzicht van de viewers die door de groepen gebruikt zijn voor de use cases), omdat de cases niet zowel met 2D als 3D tools zijn uitgewerkt.



FIGUUR 10: OPDRACHT GESTUURDE BORING (LINKS) EN OPDRACHT WATERBERGING (RECHTS)

Hoewel een onderling vergelijk tussen 2D en 3D, hebben de respondenten wel een oordeel over 3D kunnen leveren.

Ten eerste bleek dat deelnemers tijdens de derde use case het item communicatie (het gebruik van 3D voor communicatie met collega's) hoger beoordeelden dan bij de vorige use cases. Uit de toelichting van de deelnemers blijkt dat dit komt, omdat multidisciplinaire afstemming (tussen verschillende nutseigenaren) van groter belang is bij deze use case. Wanneer namelijk een boorlijn ontworpen wordt in 3D, kan een aannemer samen met de netbeheerders (van wie de kabels en leidingen rondom dit tracé liggen) potentiële ruimtelijke conflicten tussen netwerken verkennen. Een 3D visualisatie geeft daarmee beter begrip in de ruimtelijke beperkingen en geeft dus meer inzicht in concessies die partijen moeten doen ten aanzien van het bepalen tracés en acceptabele tussenafstanden tussen netwerken.

Ten tweede gaf men in de toelichting op de beoordelingen van de derde casus aan dat de 3D viewer gemakkelijker te bedienen was. Vermoedelijk kwam dit, omdat ze inmiddels ervaring hadden opgedaan in 3D in een vorige use case. Ervaring en training lijken dus invloed te hebben op de beoordeling van de items gemak, geschiktheid en communicatie.

5.4. CUMULATIEF: ITEMS GEMAK, GESCHIKTHEID EN COMMUNICATIE

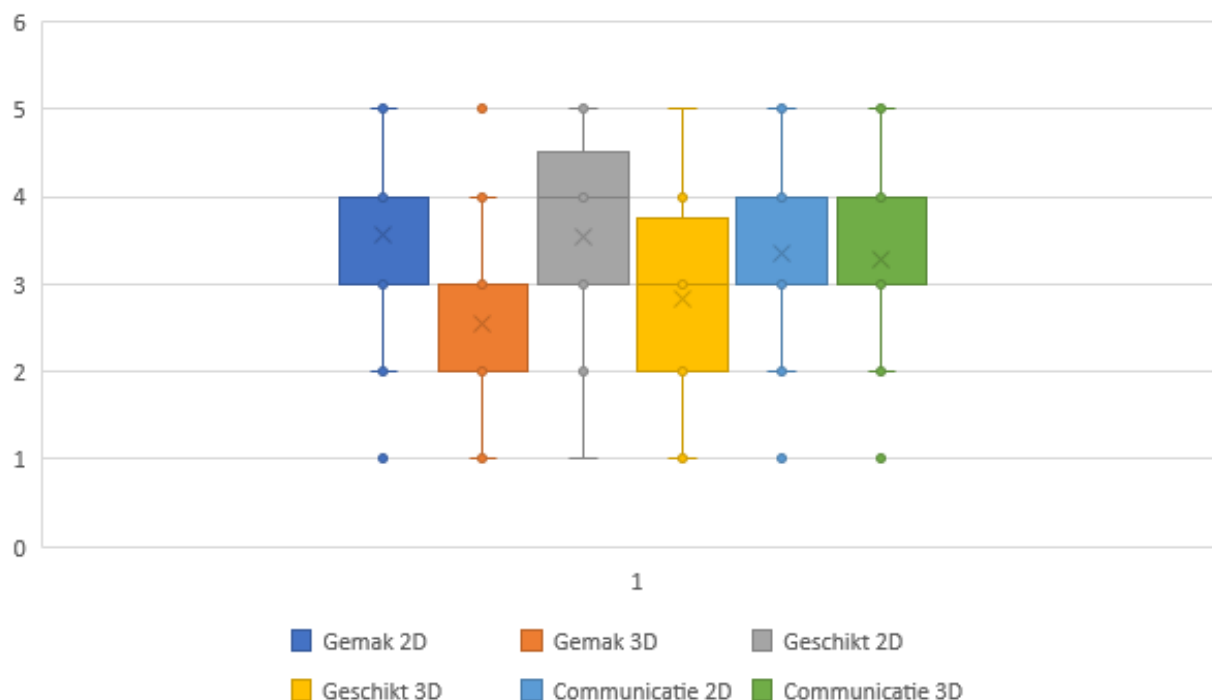
De beoordelingen van de items gemak, geschiktheid, en communicatiepotentieel zijn tot slot samengevoegd. De resultaten van de scores over alle cases, staan in Figuur 11. De boxplot toont dat gemak en geschiktheid voor 2D in zijn algemeenheid hoger zijn beoordeeld, waarbij er een kleinere spreiding is. Dit duidt erop dat 2D momenteel in grote mate lijkt te volstaan. Wel lijkt het erop dat 3D tools verbetering kunnen brengen ten opzichte van 2D.

Hoewel uit de scores en toelichtingen daarop blijkt dat de 3D viewer voor de deelnemers minder gemak en de geschiktheid brachten, is er ook meer spreiding te vinden in deze antwoorden. De meningen hierover zijn dus verdeeld. Het verschil in geschiktheid van 2D en 3D voor communicatie met collega's is kleiner. Dit sluit ook aan bij het beeld dat is ontstaan uit de analyse van de eerste twee use cases. Een verklaring hiervoor kan zijn dat de use cases door een individu werden uitgevoerd. Er werd niet gecommuniceerd tussen deelnemers. Als gevolg hiervan hebben deelnemers het aspect communicatiepotentie mogelijk hypothetischer (d.w.z. los van de tekortkomingen van gebruikte viewers van het experiment) beoordeeld.

Over het geheel viel op dat deelnemers aan de enquête en interviews de meerwaarde van 3D sterk erkennen. Dit kwam echter beperkter terug uit de ervaringen tijdens het 2D-3D experiment. Dit kan onder andere komen,



omdat respondenten weinig ervaring hadden met de interface van de viewer, en omdat de viewer tevens enkele tekortkomingen had.



FIGUUR 11: TOTAALRESULTATEN (VAN ALLE DEELNEMERS EN USE CASES) TEN AANZIEN VAN GEMAK, GESCHIKTHEID EN COMMUNICATIE

5.5. REFLECTIE OP ERVARINGEN USE CASE EXPERIMENT

De focusgroep heeft op de resultaten van de experimenten gereflecteerd. De groep reageerde op de beoordelingen van de experiment-deelnemers en trokken hieruit conclusies. Hieronder bespreken we eerst de reflectie op de kwantitatieve beoordelingen van de experimentdeelnemers (t.a.v. te items gemak, geschiktheid en communicatie). Vervolgens wordt ingegaan op de invloed van training en ervaring op de beoordelingen. Ook gaan we in op de observatie over gestimuleerd 3D-denken door 3D-tools (blauw omkaderde tekst, pag. 15) en op de noodzaak om de waarde van 3D op de bouwplaats verder te onderzoeken.

ITEMS GEMAK EN GESCHIKTHEID VAN 3D SCOORT LAGER DAN COMMUNICATIEPOTENTIEEL

Uit de scores blijkt dat de items 'gemak' en 'geschiktheid' van 3D lager worden beoordeeld dan het communicatiepotentieel (d.w.z. de mate waarin de deelnemers het 3D model geschikt achten als middel voor afstemming met collega's). Tijdens de focusgroep werd als verklaring hiervoor aangedragen dat de directe ervaring met de viewer die tijdens het experiment gebruikt werd, erin resulteerde dat deelnemers deze kritisch beschouwden. Dit leidde tot lagere oordelen over de waarde van 3D voor de casus. Tekortkomingen in de tools kunnen dus hebben geleid tot een lagere beoordeling van de aspecten gemak en geschiktheid.

Daarentegen lijkt het erop dat het item communicatiepotentieel niet beoordeeld werd naar aanleiding van een concrete ervaring met de 3D viewer. Omdat deelnemers tijdens de casus het 3D model alleen voor eigen gebruik inzetten, wisselden zij niets uit met andere disciplines of collega's. Het kan dus zijn dat zij bij het beoordelen van het item communicatie niet de 3D tool hebben beoordeeld, maar de potentiële waarde die *het getoonde 3D model* heeft in afstemming met collega's. Omdat een model ook in andere – wellicht meer geschikte tools – kan worden gebruikt, zou dit kunnen hebben geleid tot een hogere beoordeling van de *potentie* van het 3D model ter ondersteuning van communicatie. De grote potentie van 3D modellen als middel voor communicatie met collega's werd door focusgroepeelnemers bekrachtigd op basis van eigen ervaring.

3D SCOORT OP ITEM 'GESCHIKTHEID' LAGER DAN 2D



Een andere verklaring van de lagere score voor 3D ten aanzien van geschiktheid, heeft mogelijk te maken met de manier waarop productiviteit (van ontwerp- en engineeringstaken) door bedrijven wordt gemeten. Het uitwerken van ontwerpscenario's in 3D neemt namelijk meer tijd in beslag dan het uitwerken hiervan in 2D. Hoewel deze investering in de voorfase van een project kan leiden tot efficiëntievoordelen tijdens uitvoering, wordt dit niet altijd erkend. Als ontwerpers bijvoorbeeld worden gestimuleerd om een ontwerp binnen minimale tijdsduur op te leveren, dan zal ook een investering in 3D modellen als minder productief worden beschouwd. Dit verkleint de prikkel om 3D als waardevol te beschouwen.

Het kan ook zijn dat de ervarenheid van deelnemers een rol heeft gespeeld in hun oordeel over de geschiktheid van 3D. Omdat de meeste experimentdeelnemers beperkte ervaring hadden in 3D, hebben zij on-the-fly ervaring moeten opbouwen om de use case uit te kunnen uitvoeren. Deelnemers lichtten in hun beoordelingen toe dat zij hun 3D-vaardigheden in de tweede casus al wat meer onder de knie hadden. De focusgroep vermoedde dat opbouw van ervaring met 3D ook zal leiden tot een hoger oordeel ten aanzien van geschiktheid.

TEKORTKOMINGEN 3D-MODEL ZETTEN WÉL AAN TOT 3D DENKEN

Eén van de observaties van het experiment was dat deelnemers die een casus uitwerkten met 3D tools, tot meer verzoeken kwamen om toelichting over de inhoud van de geleverde modellen (t.o.v. de 2D groepen). Bij use case 2, constateerde men bijvoorbeeld dat de grondsamenstellingen, het dek, de z-coördinaten en het verval (d.w.z. de hellingshoek van het vrijervalriool) niet waarheidsgetrouw waren gevisualiseerd in het 3D model. Deze informatie ontbrak ook in de 2D modellen, maar dit werd daar niet opgemerkt.

De onderzoekers constateren op basis hiervan dat 3D modellen, ondanks tekortkomingen, wel aanzetten tot het bewuster beschouwen van 3D in use cases. De focusgroep vond dit een begrijpelijke constatering. Een deelnemer stelde dat de meeste disciplines in de graafketen wel denken over diepteaspecten en dus ook op voorhand waarschijnlijk enige verwachtingen hebben gehad bij welke extra elementen er in een 3D viewer zouden moeten worden gevoegd.

MEERWAARDE 3D OP DE BOUWPLAATS VOOR 'FEITELIJK GRAVER'

De focusgroep constateerde verder dat het experiment zich hoofdzakelijk heeft gericht op taken die zich met name voordoen tijdens de ontwerp-, engineering- en werkvoorbereidingsfases. Toepassing van 3D op de bouwplaats (bijvoorbeeld ter oriëntatie op de ondergrond, voor graafschadepreventie en ter lokalisering van kabels of leidingen) zijn minder uitgebreid onderzocht.

De ervaring van de focusgroep was echter wel dat 3D (bijvoorbeeld in augmented reality toepassingen) ook zinvol is op de bouwplaats. Het werd door de focusgroep als kansrijk gezien om 3D op de bouwplaats in te voeren, mede omdat in relatief korte tijd digitalisering (via tablets) op de bouwplaats ook is toegenomen. Dit verdient nader onderzoek.



6. RESULTATEN: RANDVOORWAARDEN 3D-KLIC WIBON

De interviews, de enquête en het experiment leidden tot randvoorwaarden die aandacht verdienen bij de stap richting 3D. De lijst die hieruit ontstond, is door de focusgroep aangevuld en genuanceerd. Dit hoofdstuk beschrijft de lijst die uiteindelijk tot stand is gekomen. We categoriseren hieronder technische en niet-technische randvoorwaarden.

6.1. TECHNISCHE RANDVOORWAARDEN

6.1.1. BETROUWBAARHEID BRONDATA

Uit alle activiteiten van dit onderzoek kwam naar voren dat de nauwkeurigheid en volledigheid van brondata (zowel in 2D als 3D) vergroot moet worden om daadwerkelijk van meerwaarde te kunnen zijn. Onzekerheid is reeds een probleem bij 2D data en richting 3D wordt dit meer evident. Deze onzekerheid wordt veroorzaakt doordat liggingsgegevens op kaart dikwijls afwijken van werkelijke liggingen (nauwkeurigheid) en, omdat kaartgegevens in veel gevallen niet volledig zijn, omdat er bijvoorbeeld weesleidingen niet op kaart staan.

Wanneer de graafketen wil bewegen richting een 3D WIBON, zal daarom de mate van nauwkeurigheid en volledigheid helder gemaakt moeten worden. WIBON schrijft momenteel voor dat geregistreerde X, Y-coördinaten van kabels- en leidingen tot 1 meter mogen afwijken van een werkelijke ligging. Bij opwaardering naar 3D zal er bovendien ook onzekerheid ontstaan over de nauwkeurigheid van de geregistreerde z-coördinaat (of relatieve diepteligging). Hoewel huisaansluitingen vaak, net als particuliere kabels, niet in de context van WIBON vallen, vonden deelnemers van dit onderzoek het relevant om ook deze semantisch en visueel helder te maken in een 3D omgeving⁹.

6.1.2. STANDAARDISERING

Niet alle netinformatie worden momenteel binnen 2D KLIC op standaardwijze uitgewisseld (dit blijkt uit o.a. de enquête). Hoewel er informatiemodellen zijn, is er een wens tot het verder uniformeren van data(visualisatie) en dus het uitbreiden van de standaard. Standaardisatie is dus bij 2D een aandachtspunt, maar zal ook richting 3D belangrijk blijven.

Momenteel worden bundels met nutsinfrastructuur bijvoorbeeld op verschillende wijzen gevisualiseerd. Een kabelbundel kan namelijk zowel als één lijn worden gevisualiseerd, maar ook als meerdere parallelle lijnen. Deze verschillen gaan in 3D voor onduidelijkheid zorgen, omdat het dan onhelder blijft welke fysieke objecten er door één 3D object worden gerepresenteerd.

Een ander standaardisatie voorbeeld is het opnemen van de registratie van de hoogte van het maaiveld. Wanneer een maaiveld namelijk door inklinking verandert, kan men dit vervolgens constateren door een maaiveldhoogte uit een KLIC-melding te vergelijken met een actueel ingemeten maaiveldhoogte. Dit helpt om vervolgens te kunnen bepalen of het dek op liggende kabels ook veranderd is.

Het verder standaardiseren van zowel de semantiek als de visualisatie van dieptedimensies is dus belangrijk om toekomstige interpretatieproblemen in 3D te voorkomen.

6.1.3. ACTUALITEIT

Door graafwerkzaamheden en andere ondergrondse activiteiten liggen de kabels en leidingen niet altijd meer op de plek waar ze oorspronkelijk zijn neergelegd. Liggingsgegevens hebben in feite dus een beperkte houdbaarheid. Dit geldt met name voor telecomkabels, omdat deze flexibel zijn en ondiep liggen. Zowel kabels kunnen verschuiven door inklinking van veen- of kleilagen, of door ophoging, maar ook de hoogte van het maaiveld kan door bovengrondse reconstructies fluctueren. Dit probleem geldt in zekere mate voor 2D (omdat

⁹ Dit probleem is overigens niet uniek voor 3D. Ook over 2D data spraken meerdere deelnemers over dezelfde wens om huisaansluitingen en particuliere kabels volledig op te nemen in de WIBON.



kabels en leidingen ook verschuiven in horizontale ligging), maar vanwege verzakking wordt actualiteit van z-data een belangrijker aandachtspunt. Tijdens de focusgroepsessie kwam naar voren dat het registreren grondsoorten en andere risico's in de metadata kan helpen om grondroeders te informeren over de condities die kunnen leiden tot verplaatsing van kabels en leidingen.

6.1.4. REGISTRATIE VAN 3D BINNEN BRONSYSTEMEN

Op dit moment gebruiken veel netbeheerders 2D CAD-systemen die het niet mogelijk maken om de z-coördinaat op te slaan. Ook dit blijkt uit zowel de enquêtes, de interviews en het experiment. Het omzetten van hele systemen zou hoge kosten en veel tijd met zich meebrengen. Daarnaast zou het inmeten van de z-coördinaat soms extra inspanning vragen van aannemers.

In sommige systemen lijkt het mogelijk om een standaarddiepte te visualiseren, maar hierbij speelt onzekerheid over de daadwerkelijke ligging een rol bij het juist interpreteren van deze data. In de focusgroep verschilden de meningen over de bruikbaarheid van degelijke standaardwaarden. Als men de standaarddieptes namelijk zou gaan hanteren als exacte liggingsgegevens, zonder daarbij een verificatie toe te passen, kan het zijn dat er méér graafschades ontstaan. Wanneer een kabel bijvoorbeeld niet op een standaarddiepte van 60cm ligt, maar op 40cm onder maaiveld, kan een onjuiste interpretatie van de standaarddiepte leiden tot graafschade. Het is dus belangrijk dat de sector duidt in welke gevallen een standaarddiepte slechts 'een 'theoretische ligging' betreft, of een betrouwbare ingemeten diepteligging. Een dergelijke aanduiding kan zowel visueel als tekstueel worden gedaan (bijv. door semantische toevoeging in metadata).

6.2. NIET-TECHNISCHE RANDVOORWAARDEN

Naast de randvoorwaarden die impact hebben op de techniek (modellen, systemen en standaardisering), zijn er ook belangrijke niet-technische aspecten waarmee rekening zal moeten worden gehouden in de ontwikkeling richting 3D. Deze worden hieronder toegelicht.

6.2.1. BEGRIP, BELEEFDE URGENTIE EN IMPACT VAN 3D

Om over te gaan naar 3D zal er een afweging gemaakt moeten worden ten aanzien van de vorm en inhoud van 3D modellen. Niet iedere stakeholder heeft dezelfde informatie nodig. Sommigen volstaan met een enkele annotatie over diepte, terwijl andere semantisch-rijke modellen waarin zowel dieptes, geometrie, z-coördinatie en betrouwbaarheden zijn opgenomen. Verder kunnen visualisaties uiteenlopen van een eenvoudige lijnvisualisatie in 3D naar een geometrisch model van een buisomtrek tot een gedetailleerd model waarin binnen- en buitendiameters en materialisatie ook gevisualiseerd zijn. Er is dus verschil tussen 3D dataopslag en 3D visualisatie; ieder van deze aspecten dienen verder uitgewerkt te worden.

Naast het scherper definiëren van hoe iedere graafketenrol 3D wenst te gebruiken, is het relevant om de mate van complexiteit in 3D (in semantiek en visualisatiedetail) af te stemmen met de behoefte van de sector. De variëteit aan antwoorden op enquêtes en tijdens het interview gaf aan dat de 'beleefde urgentie' momenteel verschilt: terwijl één groep respondenten de transitie naar 3D overbodig en problematisch vindt, vinden anderen het noodzakelijk en stellen zij dat 'het dweilen wordt met de kraan open bij transitievraagstukken¹⁰' als er niet spoedig 3D informatie wordt geregistreerd. De spreiding van antwoorden (uit de enquête en het experiment) duidt erop dat de graafketen het er niet unaniem over eens is dat er een grote behoefte bestaat aan 3D. Er ligt daarom een taak om te bepalen wat het maatschappelijk belang is van een 3D modellering van alle netten. Het lijkt logisch dat deze taak door een landelijke overheidspartij wordt opgepakt. Men kan bepalen om 3D volledig vanuit overheidswege op te leggen, maar het is ook mogelijk om een 3D-*voorbereid* KLIC WIBON systeem te ontwikkelen dat gefaseerd ingevoerd wordt.

¹⁰ Zij stellen dat de sector op zijn minst data moet registreren (desnoods slechts als tekstuele annotatie) om het probleem rondom onbekende dieptes niet groter te maken.



Met een 3D-voorbereid KLIC WIBON systeem (d.w.z. het geheel aan informatiemodellen, uitwisselingsmodellen, en viewers) wordt bedoeld dat het is opgezet om uiteindelijk volledig in 3D te kunnen functioneren, maar waarbij de stappen naar die volledige systeem gradueel genomen kunnen worden (via een bepaald traject waarin uiteengezet wordt welke data verplicht en welke optioneel in 3D wordt uitgevoerd). Hiermee krijgen graafketenpartijen die de ambitie hebben om in 3D te werken, wel een volledig ondersteunde functionaliteit kunnen gebruiken, terwijl overige partijen langer kunnen doen over 3D implementatie.

6.2.2. SCHIJNVEILIGHEID

Enkele deelnemers van de enquête en focusgroep geven aan dat 3D een stimulans kan bieden richting een meer nauwkeurigere registratie van de ondergrond. Anderen claimden het omgekeerde: 3D data geeft wellicht een rijker beeld en daarmee een schijn van nauwkeurigheid. Het is daarom belangrijk dat de sector bepaalt hoe zij aangeeft welke (on)zekerheden er bestaan aan data die uitgewisseld wordt. Een randvoorwaarde voor implementatie is dus tevens dat gebruikers van 3D-KLIC data helder worden geïnformeerd over de bruikbaarheid van de door hen ontvangen 3D informatie.

6.2.3. GEBRUIKSVRIENDELIJKHEID

3D omgevingen visualiseren een extra dimensie en tonen daarmee wellicht ook meer informatie. Gebruikers kunnen dit ingewikkelder vinden, zo blijkt uit het experiment. Zeker voor de aannemers en grondroerders in het veld is het daarom belangrijk dat een visualisatie ontworpen is waarin het meteen duidelijk is waar bepaalde kabels liggen zonder dat ze eerst veel ervaring en training nodig hebben in een nieuwe viewer. Standaardisatie van viewer-scenario's (wij gebruiken deze term om aan te duiden dat er verschillende alternatieve visualisatiescenario's denkbaar zijn die allen andere vereisten stellen aan inhoud, functionaliteiten en detail van viewers) helpt hierin.

6.2.4. INVESTERINGEN EN DATABEHEERKOSTEN

Het overgaan naar 3D gaat met name bij netbeheerders om een extra investering vragen. De experimentgroepen en focusgroepen verklaarden dat veruit de meeste systemen die momenteel gebruikt worden, niet de mogelijkheid hebben om geometrische en topografische 3D-informatie toe te voegen. Bestaande viewers zijn bovendien gebaseerd op 2D. Dit betekent dat de systemen aangepast dienen te worden om ook 3D informatie te kunnen registreren en uitwisselen.

Een kleinere verandering geldt voor aannemers, omdat zij sommige revisie- en aanleggegevens van netwerken momenteel al wel in 3D inmeten (maar deze data niet altijd volledig kunnen verwerken in 3D). Voor de partijen die dit doen, is de verandering naar 3D-inmeten beperkter. Voor ontwerpers en aannemers die deze gegevens vervolgens gebruiken, dienen echter wel 3D ontwerpsystemen te worden aangeschaft en zijn er trainingen vereist.

De ontwikkeling en aanschaf van nieuwe IT-systemen en bijbehorende trainingen zijn tijdens het onderzoek meermaals benoemd als een investeringsaspect waarvan de kosten hoog zijn, maar de baten laag, ongelijk verdeeld of nog onbekend. De focusgroep benoemde een tweetal gevallen waarin de kosten-batenverhouding meestal wél gunstig is. Ten eerste hebben grotere en complexere projecten (bijvoorbeeld reconstructies in de binnenstad) in de meeste gevallen baat bij het inzetten van een 3D model. Met name in die projecten is het inschatten van ruimtelijke complexiteit van groot belang voor het voorkomen van schades en beperken van vertraging en meerwerk. Ten tweede kan het zijn dat de onmiddellijke baten niet groot zijn, maar de investering in 3D registratie ook zeer beperkt. Dit komt voor bij het inmeten van nieuw aangelegde infrastructuur in een nieuwbouwwijk. Op dergelijke terreinen ligt er weinig bestaande ondergrondse infrastructuur. Het is daar gemakkelijk om aanleggegevens in 3D in te scannen, omdat er geen bestaande 2D KLIC-tekeningen gecombineerd hoeven te worden.

De focusgroep stelde ook dat het investeren in 3D vaak ook een problematisch aspect kent, omdat de kosten voor 3D modellering vaak in beginfasen van een project al dienen te worden gemaakt. Zo kan het zijn dat tijdens ontwerp en aanleg in 3D wordt gemodelleerd, terwijl de grootste baten tot stand komen tijdens beheer en onderhoud van een netwerk. Voor ieder van deze momenten zijn in de meeste gevallen verschillende



stakeholders betrokken. Het investeren in 3D kan voor de ene stakeholder daarom kosten meebrengen, terwijl andere stakeholders weinig kosten hebben, maar wel de baten van 3D modellen ervaren. Deze ongelijke kosten-batenverdeling tussen stakeholders en levenscyclusfases is een uitgangspunt waarmee rekening gehouden dient te worden.

De focusgroep benoemde bovendien nog een relevante randvoorwaarde voor implementatie van een 3D-voorbereid KLIC-systeem. Er is namelijk ook een aanbestedingscontext die invloed heeft. Aannemers worden namelijk in bestaande aanbesteding- en contractstructuren per project of per gelegde lengte-eenheid kabel of leiding betaald voor hun werkzaamheden. In dergelijke gevallen kan het te kostbaar zijn om 3D modellen te ontwikkelen en op te leveren, zelfs wanneer door aannemers wél de meerwaarde wordt erkend. Wanneer opdrachtgevers in hun uitvraag daarbij niet benoemen dat zij 3D data wensen te ontvangen na oplevering van een aanleg- of reconstructieproject, is de kans dan ook groot dat aannemers uiteindelijk deze registratie ook slechts in 2D uitwerken.

Tot slot werd gesteld dat het her-inwinnen van dieptes van verouderde liggingsdata een wezenlijk kostenpost is. Een periodieke update van diepte-data lijkt wel wenselijk, omdat kabels en leidingen van plaats kunnen veranderen door wijzigingen op of onder maaiveld. Een randvoorwaarde voor implementatie is daarom dat inmeet- en registratiekosten op evenwichtige wijzen tussen stakeholders worden verdeeld.

6.2.5. FASERING

Wanneer besloten wordt om 3D modellen te gaan gebruiken binnen de context van WIBON, is deze data niet onmiddellijk voorhanden. In éérste instantie zal een groot deel van de data wellicht niet beschikbaar zijn. De focusgroep stelde daarom dat het belangrijk wordt om voor deze transitieperiode, waarin er een hybride ontstaat tussen 3D modellen met werkelijke 3D waarden, en modellen met 3D aannames, helder te formuleren hoe de sector 3D data dient te interpreteren.



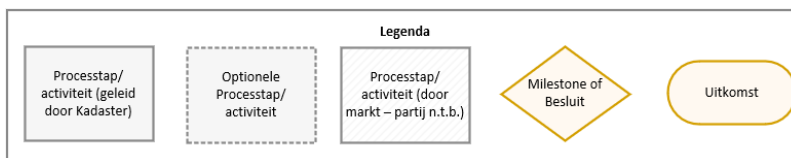
7. ROADMAP

Op basis van de onderzoeksresultaten (hoofdstukken 1 t/m 5) en de daaruit afgeleide randvoorwaarden voor 3D (hoofdstuk 6) heeft onderzoeksteam een opzet gemaakt voor een roadmap richting een 3D-voorbereid KLIC-systeem. Een roadmap beschrijft hoe technologie- en productontwikkelingen uitgezet kunnen worden door een organisatie, zodat zij kan inspelen op marktbehoeften. De roadmap is opgesteld vanuit het organisatieperspectief van het Kadaster. Echter is voor het slagen ervan ook inbreng van de graafsector nodig. Verdere uitwerking van de gepresenteerde roadmap is daarom een gezamenlijke taak van het Kadaster, de graafsector en kennisinstellingen.

In de roadmap staan verwijzingen naar de randvoorwaarden die in hoofdstuk 6 zijn gesproken, deze zijn herkenbaar door de hoofdletters RANDVOORWAARDE en bijbehorend paragraafnummer (bijv. RANDVOORWAARDE 6.1.2.). Het uitgangspunt voor de roadmap is een beschrijving van de huidige situatie. Deze staat in Appendix 3 beschreven. De roadmap is weergegeven op pagina 25.

7.1. ROADMAPPINGSTRUCTUUR

We gebruiken in dit rapport het ‘technologie roadmapping’ format van Phaal¹¹ (2004). Deze onderscheidt een aantal fases, en geeft door middel van horizontale rijen invulling aan strategische vragen (why, what and how) rondom technologieontwikkeling. De roadmap bevat verder een aantal segmenten en symbolen (zie Figuur 12). De rechthoekige vormen zijn beschrijvingen van activiteiten en de ruitvormen beschrijven deadlines of milestones die bij deze activiteiten horen. De gele balken met een afgeronde hoek, geven tussenuitkomsten van activiteiten weer. Figuren zijn volledig gevuld met een (gele) kleur, of hebben een patroonvormige vulling. Bij volledige gekleurde vormen ligt het initiatief tot het leiden van deze activiteit bij het Kadaster. In het andere geval, pakt de graafsector deze activiteit op (met steun van het Kadaster). Tot slot zijn met pijlen enkele belangrijke relaties tussen deze figuren gelegd.



FIGUUR 12 - GEHANTEERDE SYMBOLEN IN ROADMAP

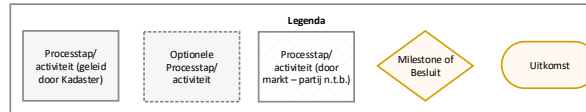
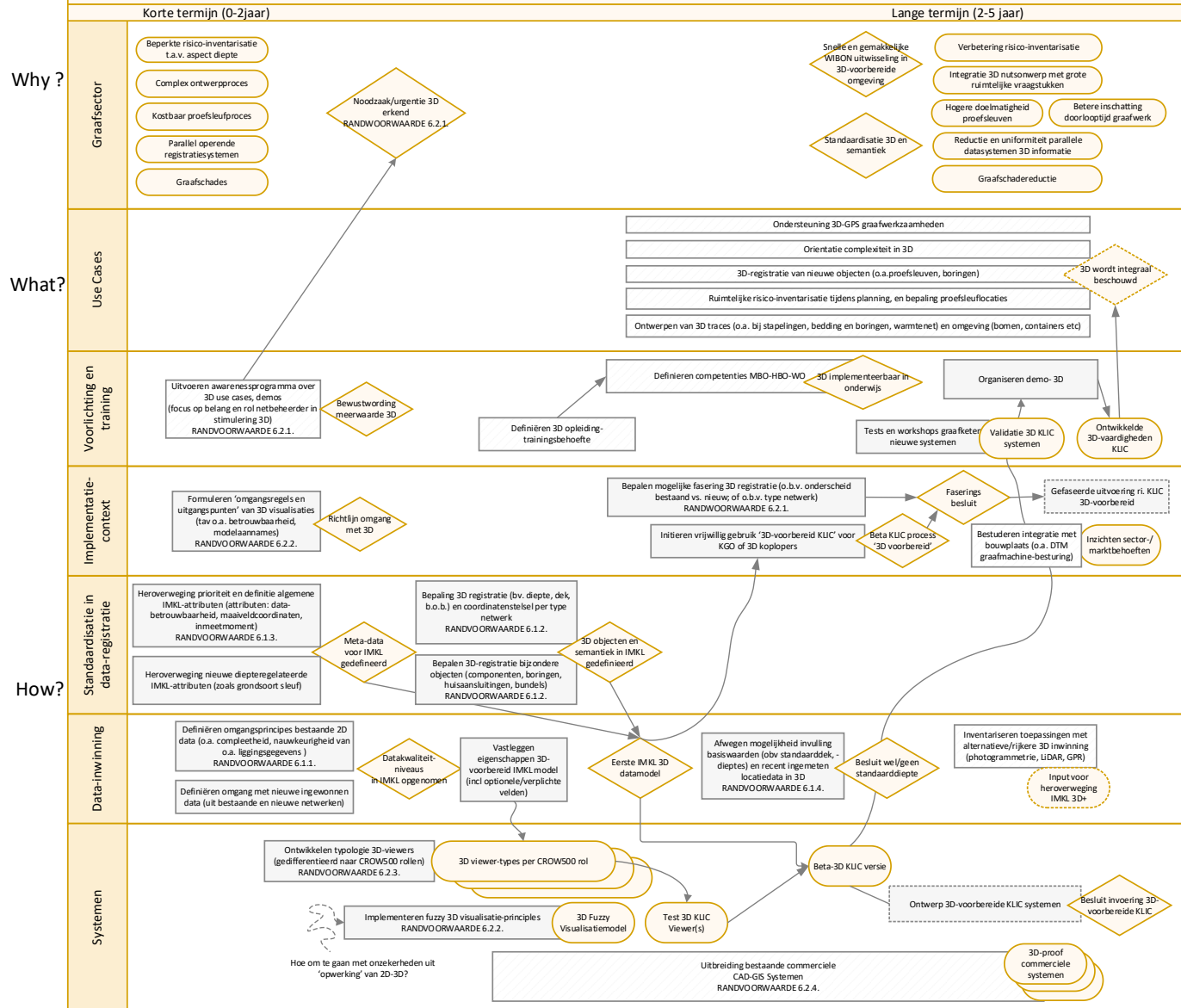
De activiteiten, uitkomsten en milestones zijn allen uiteengezet in de tijd. De breedte van een figuur geeft bij benadering de doorlooptijd weer. Aan de linkerkzijde van de figuur staan de ontwikkelingen die op korte (1-2 jaar) termijn worden geadviseerd. Verder vinden activiteiten die links gerangschikt staan eerder plaats dan activiteiten rechts hiervan. Aan de rechterzijde de ontwikkelingen voor de lange termijn (2-5 jaar). De doorlooptijd van deze periodes is geschat door het onderzoeksteam, maar zou moeten worden gevalideerd door de sector.

7.2. CONCEPT-ROADMAP RICHTING 3D-VOORBEREID WIBON EN KLIC

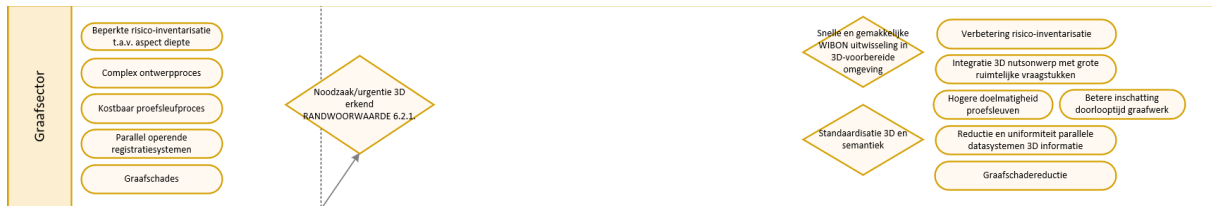
In de horizontale richting staan een aantal thema's benoemd. De bovenste rij bevat ontwikkelingen waarop kan worden ingespeeld door de graafsector. De ontwikkelingen geven antwoord op de vraag waarom ('why') een beweging richting 3D nodig is. Wat precies leidt tot deze ontwikkelingen, staat hieronder in de rij die is getiteld 'what'. Hierin staan de rij use-cases (uit hoofdstuk 4). Hoe de use-cases tot stand komen, staat in de regels daaronder beschreven ('How'). De how-vraag is opgedeeld in de regels: Voorlichting en training, Implementatiecontext, Standaardisatie in dataregistratie, Data-inwinning, en Systemen. Hieronder worden deze verschillende thema's besproken.

¹¹ Phaal, R., Farrukh, C. J., & Probert, D. R. (2004). Technology roadmapping—A planning framework for evolution and revolution. *Technological forecasting and social change*, 71(1-2), 5-26.

Concept-roadmap 'Wibon 3D': afwegingen richting een 3D-voorbereid KLIC systeem (dd 09-12-2022)



GRAAFSECTOR (WHY)



FIGUUR 13 - ONDERDEEL ROADMAP GRAAFSECTOR (WHY)

Er zijn op de korte termijn een vijftal suboptimale gevolgen van de huidige 2D werkwijze binnen WIBON te onderkennen (zie Figuur 13). Deze zijn als volgt:

1. Het blijft beperkt mogelijk om een risico-inventarisatie te maken die voldoende rekening houdt met diepteliggingen van kabels en leidingen (deze is immers veelal onbekend). Deze knelpunten worden vaak pas tijdens graafwerkzaamheden geconstateerd en leiden dan tot vertraging en meerwerk.
2. Het ontwerpproces blijft complex, omdat het op een tweedimensionale 'platte' kaart het niet mogelijk is om direct knelpunten tussen kruisende kabels en leidingen inzichtelijk te krijgen. Het kost meer tijd voor ontwerpers en engineers om deze situaties in te schatten.
3. Het aantal extra activiteiten dat nodig is om dieptegegevens op tafel (via proefsleuven of grondradar) te krijgen, is relatief groot. Omdat er geen diepteliggingen zijn geregistreerd, is de proefsleuf niet slechts een verificatie van bestaande liggingsgegevens, maar vormen zij de enige bron op basis waarvan men diepteligging kan inschatten.
4. Het aantal 3D gegevens dat in verscheidene datasets wordt bewaard, groeit. Deze gegevens hebben echter een beperkte mate van uniformiteit. Soms worden netwerken wel in drie dimensies ingemeten, maar worden diepte gegevens nadien verwijderd. In andere gevallen worden dieptegegevens wel opgeslagen in decentrale databases bij aannemers. Deze data wordt niet gedeeld, waardoor partijen die achtereenvolgens werk uitvoeren in eenzelfde sleuf, ieder voor zich data inmeten en opslaan.
5. Graafschades die veroorzaakt zijn door onbekende diepteliggingen blijven ontstaan, omdat men bij graafwerkzaamheden te veel aannames moet doen over liggingsgegevens en hierdoor soms verkeerde inschattingen maakt.

Wij stellen dat deze situatie pas verandert wanneer de sector de urgentie erkent van het toevoegen van driedimensionale gegevens (zie RANDVOORWAARDE 6.2.1.). We beschouwen dit daarom als een mijlpaal in het 'voortzetten' van het traject richting een 3D-voorbereid KLIC. Naar schatting zal dit optreden op middellange termijn. De resultaten van dit onderzoek geven namelijk nog niet een eenduidig antwoord ten aanzien van de urgente behoefte aan 3D. Wel toont het dat – behoudens randvoorwaarden - er voor veel partijen meerwaarde te behalen valt.

Op de langere termijn leiden de activiteiten tot twee milestones: een snelle en gemakkelijke uitwisseling van gegevens in 3D-voorbereide omgeving en een standaardisering van semantiek (naamgeving, labels, betekenis, betrouwbaarheid et cetera) en visualisatiewijzen. Dit lost bovengenoemde suboptimale situaties ten dele op. Met ander woorden:

1. Risico-inventarisaties worden gemakkelijker, omdat ruimtelijke knelpunten vroegtijdig in 3D kunnen worden opgespoord en opgelost.
2. Ruimtelijke vraagstukken waarin ondergrond een rol speelt (bijv. aanleg van warmtenetten, breedbandinfrastructuur, waterbergingen), kunnen beter worden ontworpen door beschikbare 3D gegevens van kabels en leidingen.
3. Het bepalen van proefsleuflocaties en -aantallen wordt eenvoudiger, omdat er basis-data is ten aanzien van de diepteligging. Proefsleuven worden niet meer de enige bron van informatie, maar een validatie-instrument van bestaande 3D-data. Proefsleuflocaties kunnen dus gerichter worden bepaald.



4. Vanwege de beschikbaarheid van 3D gegevens, is de ondergrondse complexiteit ook beter inzichtelijk en kunnen doorlooptijden van graafwerkzaamheden beter worden ingeschat vooraf. Dit maakt planningen realistischer, en zorgt voor verrassingen en uitloop tijdens uitvoering.
5. Opslaan van data op gestandaardiseerde wijze leidt tot uniformiteit en betere deling van 3D gegevens, waardoor de kans kleiner wordt dat meerdere partijen kort achtereen eenzelfde netwerk in 3D inmeten en dit apart van elkaar opslaan.
6. Liggingsgegevens worden betrouwbaarder bij het voorsteken en graven, waardoor schades worden beperkt.

USE CASES (WHAT)



FIGUUR 14 - ONDERDEEL ROADMAP USE CASES (WHAT)

Er zijn vijf gebruikstoepassingen (use cases) waarin de waarde van 3D het meest naar boven komt. We voorzien op de langere termijn zeker vijf use cases waarin 3D meerwaarde biedt. Deze komen voort uit de onderzoeksresultaten en worden hier kort herhaald (zie Hoofdstuk 4 en Figuur 14).

1. 3D modellen kunnen worden geïntegreerd in graafmachines die gebruik maken van 3D-GPS besturing. Dit maakt het gemakkelijker om bij ontgraving en ophoging rekening te houden met kabels en leidingen¹².
2. Het oriënteren op projecten, zowel tijdens planning als uitvoering van projecten, is in drie dimensies mogelijk. Dit kan de kwaliteit van deze taak verhogen.
3. Via een standaardisatie van 3D data-uitwisseling, wordt het mogelijk om belangrijke 3D gegevens, zoals die van boringen en proefsleuven, op te slaan en delen op uniforme wijze.
4. Inventarisaties van knelpunten en graafrisico's kunnen met behulp van 3D modellen verbeterd en verkort worden.
5. Complexe ontwerp- en engineeringwerkzaamheden, zoals het ontwerpen van tracés, registreren van in- en uittredeplaatsen van boringen, worden ondersteund door rijkere informatie.

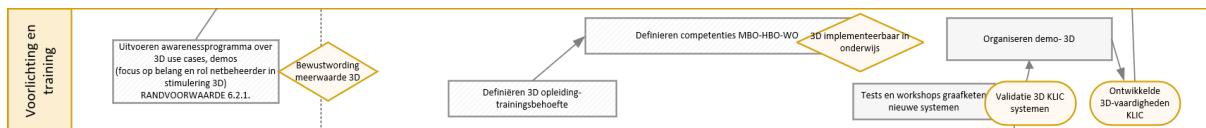
Uiteindelijk leiden succesvolle uitvoeringen van use cases tot een meer integrale beschouwing van diepteaspecten tijdens ontwerp van netwerken en bij afstemming tussen nutsprojecten en andere werkzaamheden in de ondergrond.

In de resterende onderdelen van de roadmap wordt uitgelegd hoe deze use cases kunnen worden behaald. Hiervoor belichten we niet-technische en technische aspecten. Hieronder worden eerst de niet-technische stappen beschreven.

¹² Hierbij is een nauwkeurigheid vereist waarop een feitelijk graver kan vertrouwen. Nauwkeurigheid wordt verderop in de roadmap besproken



VOORLICHTING EN TRAINING (HOW)



FIGUUR 15 - ONDERDEEL ROADMAP VOORLICHTING EN TRAINING (HOW)

Via training en voorlichting over de ontwikkelingen in de richting van 3D data-uitwisseling, worden bewustwording en vaardigheden vergroot. Op de korte termijn beschrijft de roadmap daarom een activiteit waarin bewustzijn ten aanzien van 3D wordt vergroot (gerelateerd aan RANDVOORWAARDE 6.2.1.). Dit kan door - via bijvoorbeeld de KLIC Werkgroep 3D of het Kabels en Leidingoverleg - toepassingsvoorbeelden en demonstratieomgevingen te ontwikkelen. Geïnteresseerde partijen uit de graafsector kunnen hier vervolgens mee experimenteren. Dit leidt tot twee milestones. De eerste is een *erkenning* van de meerwaarde van 3D (zie ‘graafsector’). De tweede milestone is dat er een *vergroot inzicht* ontstaat in de mogelijkheden van 3D visualisatie en registratie (dit kan immers op verscheidene, eenvoudige en complexe, wijzen worden uitgevoerd).

Op middellange termijn stellen wij voor dat de sector ook uiteenzet welke vaardigheden er getraind zouden moeten worden om gebruikers in staat te stellen om met 3D-informatie te werken. Hierin kunnen ook de vier technische universiteiten en de hogescholen (4TU en 14UAS) een rol spelen. De vaardigheden kunnen achtereenvolgens vertaald kunnen worden in competenties die in het onderwijs (MBO-HBO-WO) of training opgenomen worden. Door vroeg te anticiperen op de komende training- en onderwijsbehoeftes, kunnen opleidingen in bijvoorbeeld elektrotechniek en civiele techniek sneller inspelen op deze veranderende situatie. De uiteindelijke milestone van deze activiteit is dat vaardigheden ten aanzien van 3D modellering van nutsinfrastructuur opgenomen is in het onderwijs.

Er zullen in de toekomst ook tests en workshops met de nieuwe systemen kunnen worden gehouden. Deze test zijn tevens geënt op het robuust, betrouwbaar en toepasbaar maken van deze systemen. Deze geven een groep van eerste test-gebruikers bijvoorbeeld de gelegenheid om bekend te raken met 3D-KLIC, maar het heeft ook als gevolg dat ontwikkelde standaarden en systemen worden gevalideerd (en mogelijk verbeterd ten gevolg hiervan). Nadat de testworkshops gehouden zijn met een kleinere groep gebruikers, stellen we voor om data van een pilot omgeving (bijvoorbeeld een campusterrein van een universiteit) beschikbaar te stellen waarop het voorgenomen 3D-KLIC systeem draait. Deze omgeving kan tijdens voorlichting gebruikt worden.

IMPLEMENTATIECONTEXT (HOW)



FIGUUR 16 - ONDERDEEL ROADMAP IMPLEMENTATIECONTEXT (HOW)

De context waarin een 3D-voorbereid KLIC-systeem wordt ontwikkeld heeft invloed op de manier waarop gebruikers omgaan met deze verandering. Om de context en systemen op elkaar af te stemmen, licht de roadmap daarom een aantal activiteiten toe rondom de implementatie van een nieuwe standaard en bijbehorende systemen (Figuur 16).

RANDVOORWAARDE 6.2.2. (Hoofdstuk 6) beschrijft dat betrouwbaarheid en nauwkeurigheid aandachtspunten zijn voor 3D implementatie. De roadmap bevat daarom op de korte termijn een activiteit waarin toekomstige gebruikers van 3D met elkaar vaststellen hoe zij omgaan met de betrouwbaarheid (nauwkeurigheid, volledigheid, actualiteit) van gegevens. Als onderdeel hiervan dient te worden geformuleerd in hoeverre bijvoorbeeld aannames in modellen worden opgenomen en hoe deze dienen te worden gevisualiseerd en geïnterpreteerd. De milestone die hieruit voortkomt is een richtlijn voor interpretatie van data-onzekerheden.

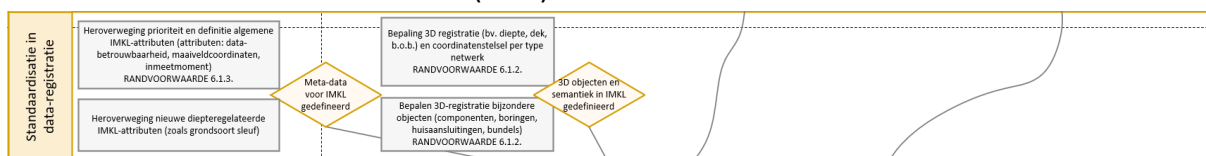


Op de middellange termijn, wanneer de sector door voorlichting en training ervaring heeft opgedaan met de mogelijkheden van 3D modellen, bevat de roadmap de activiteit ‘bepalen mogelijke fasering 3D registratie’. Tijdens deze activiteit zou het Kadaster samen met de sector kunnen bespreken op welke wijze en wanneer een 3D-voorbereid systeem ingevoerd wordt. Denkbaar is hierbij dat nieuwbouwtterreinen eerder dan bestaande gebieden in 3D worden geregistreerd en dat netwerken met gevaarlijkere inhoud eerst in 3D worden gemodelleerd, voordat andere soorten volgen.

Tevens formuleert de roadmap een activiteit waarin een bèta-systeem wordt ontwikkeld. Een kopgroep van gebruikers (uit bijv. KGO of de 3D werkgroepen van het Kadaster) kan hierin 3D KLIC-gegevens uitwisselen. Dit bèta systeem zal data-uitwisseling en visualisatiewijzen testen en verbeteren. De uitkomst hiervan is een ‘beta-tested 3D-klic systeem’. Wanneer de testen naar tevredenheid zijn verlopen, kan dit vervolgens leiden tot een faseringsbesluit voor implementatie van een 3D-voorbereid KLIC (zie RANDVOORWAARDE 6.2.1.).

Terwijl over fasering van een 3D implementatie wordt besloten, kan het Kadaster ook verkennen in hoeverre de huidige uitwisselingsformaten afgestemd zijn op nieuwe gebruikstoepassingen, zoals integratie van 3D modellen in digitale terrein/oppervlaktemodellen, en graafmachinebesturing. Deze inzichten in marktbehoeften geven op langere termijn mogelijk een aanleiding om het 3D KLIC WIBON model verder uit te breiden, zodat rijkere as-built data-informatie uit scantechnieken uitgewisseld kunnen worden.

STANDAARDISATIE EN DATA-REGISTRATIE (HOW)



FIGUUR 17 - ONDERDEEL ROADMAP STANDAARDISATIE EN DATA-REGISTRATIE (HOW)

Net als bij andere uitwisseling van geo-data, is er ook een belangrijke rol weggelegd voor standaardisatie binnen het voorbereiden van een 3D KLIC-omgeving.

Voor de korte termijn staan daarom twee activiteiten op de roadmap. Eén activiteit betreft het bepalen van de standaard-attributen die nodig zijn om de betrouwbaarheid van 3D informatie te kunnen beoordelen. Dit correspondeert met RANDVOORWAARDE 6.1.3. uit het onderzoek. Omdat betrouwbaarheid wordt beïnvloed door onder andere de herkomst van liggingsdata (gegevens uit archieven, ‘oude metingen’, GPR-metingen, en standaarden hebben allen een verschillende nauwkeurigheid) en het moment van inmeten (oudere data zijn meestal minder betrouwbaar dan recent ingewonnen data) dient ook deze informatie te zijn opgeslagen. Zo kunnen gebruikers de kwaliteit van ontvangen 3D-KLIC data inschatten.

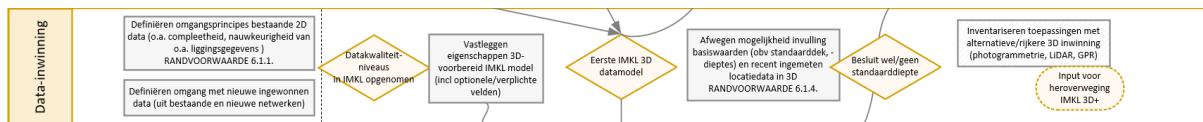
Een tweede activiteit bevat het bepalen van uitbreidingen van het IMKL, of het relateren van het IMKL aan andere sleutelregistraties. Het relateren van bodemsamenstelling aan 3D- liggingsdata kan bij gebieden met bodeminklinking bijvoorbeeld helpen bij het inschatten van diepte-veranderingen die zich hebben voorgedaan sinds een laatste inmeetmoment. Tezamen leiden de eerste twee standaardisatieactiviteiten tot de milestone ‘metadata voor IMLK gedefinieerd’.

De roadmap geeft op middellange termijn twee activiteiten op die relateren aan RANDVOORWAARDE 6.1.2. Deze zijn gericht op het bepalen van uit te wisselen 3D gegevens. Momenteel bestaan er verscheidene werkwijzen voor diepteregistratie. Voor riolering wordt de bovenzijde van de wand aan de onderzijde van de buis (b.o.b.) geregistreerd, terwijl voor kabels een z-coördinaat of een dikte van de bodemlaag (dek) wordt gehanteerd. Locaties worden in 2D geregistreerd met NAP als referentiehoogte. In 3D is het mogelijk om in RD NAP of bijvoorbeeld WSG te registreren. De roadmap beschrijft dat er dient te worden bepaald welk stelsel er wordt gehanteerd.



De tweede standaardisatieactiviteit op de middellange termijn betreft het modelleren van de overige netwerkobjecten die verbindingen vormen tussen/met kabels en leidingen. Deze 'overige' elementen, zijn in 2D vaak weergegeven als polylijn of punt, maar kunnen in 3D een complexere geometrie aannemen. Voorbeelden hiervan zijn afsluiters, moffen, boring-tracés, huisaansluitingen en kabelbundels. Uiteindelijk leiden de activiteiten gezamenlijk tot de milestone '3D objecten en semantiek in IMKL gedefinieerd'.

DATA-INWINNING (HOW)



FIGUUR 18 - ONDERDEEL ROADMAP DATA-INWINNING (HOW)

Het inwinnen van nieuwe en 'opwaardering' van bestaande data is het volgende item op de roadmap (zie Figuur 18). Richting een 3D-voorbereid KLIC WIBON systeem is namelijk het nodig om ook de beperkingen van de huidige data (met x, y-liggingen) te blijven onderkennen. De roadmap bevat daarom een activiteit waarbij principes voor omgang met 2D-data worden uitgeschreven (zie RANDVOORWAARDE 6.1.1. in hoofdstuk 6). Tijdens deze activiteit kunnen vragen worden beantwoord zoals: hoe registreert het systeem kabels die onderdeel uitmaken van een bundel en, hoe om te gaan met aannames, onzekerheden en data van verschillende nauwkeurigheid en compleetheid in x, y-richting?

De activiteit die parallel loopt aan de bovenstaande, is erop gericht om ook voor data die op korte termijn wél in 3D nieuw wordt ingewonnen (na aanleg, of als 3D-inmeting van een bestaand netwerk), te definiëren hoe deze wordt geregistreerd (zie RANDVOORWAARDE 6.1.2.). Dit is relevant, omdat kabels en leidingen op een bouwplaats niet noodzakelijkerwijs allemaal gelijktijdig worden aangelegd, gereconstrueerd of ingemeten. Nieuwe en verouderde data wordt dan door elkaar gebruikt. De milestone die voortkomt uit de bovenste activiteiten is een definitie van datakwaliteitsniveaus die opgenomen kunnen zijn in het IMKL.

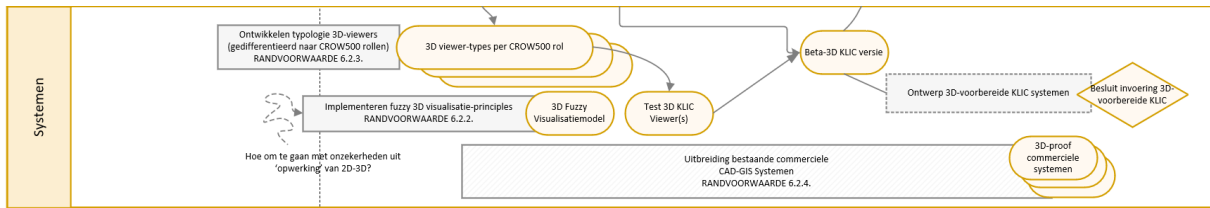
Op de middellange termijn kan een eerste 3D-voorbereid IMKL worden afgerond en vastgelegd. Hierbij kan het Kadaster samen met werkgroep KGO (en achterban uit de sector) vaststellen welke velden optioneel en verplicht zouden kunnen worden richting implementatie van een bèta-getest 3D KLIC WIBON systeem. Het leidt tot een eerste versie van het 3D IMKL-datamodel. Dit model is *3D-voorbereid*: het is hierbij nog niet bepaald of het invullen van 3D attributen tijdens implementatie van het IMKL een optionele keuze wordt, of een sectorbrede verplichting.

Nadat besproken is hoe met datakwaliteit wordt omgegaan en hoe het 3D voorbereide IMKL eruit komt te zien, wordt geadviseerd om ook afspraken te maken over gebruik van het model. De sector kan bijvoorbeeld bepalen om onbekende diepteliggingen niet in te vullen, maar zou ook standaarddieptes kunnen gebruiken. Eenduidigheid hierover voorkomt misinterpretaties van ligingsgegevens. Deze afweging zal dus kunnen leiden tot een besluit om wel of niet gebruik te maken van standaarddiepteliggingen (zie RANDVOORWAARDE 6.1.4.).

Op de langere termijn lijkt het mogelijk om rijkere as-built modellen van netwerken vast te leggen met daarin meer 3D informatie en topologische details. Momenteel gebeurt het inmeten door locatiedata van knooppunten te verzamelen en door deze te verbinden met rechte lijnstukken. In de realiteit ligt de infrastructuur niet volgens de schematische tekeningen die hieruit ontstaan. Hoe kronkelende kabeltracés, bijzondere kruisingen en details in de toekomst ook met bijvoorbeeld LiDAR en fotogrammetrie kunnen worden ingemeten en opgenomen, zou op de langere termijn ook kunnen worden bepaald.



SYSTEMEN (HOW)



FIGUUR 19 - ONDERDEEL ROADMAP SYSTEMEN (HOW)

De systemen waarin uiteindelijk 3D datamodellen geïmplementeerd worden voor representatie en visualisatie, zullen richting 3D-voorbereid WIBON/KLIC ook veranderen. De stappen hiervoor zijn opgenomen in Figuur 19.

Op de middellange termijn is er voor de systemen helder welke 3D objecten en semantische data er per netwerk wordt opgenomen. Ook staat vast welk onderscheid er wordt gemaakt in datakwaliteitsniveaus. Dit geeft voldoende basis om 3D viewers te gaan ontwikkelen. RANDVOORWAARDE 6.2.3. van dit onderzoek beschrijft dat er een verscheidenheid aan viewers nodig kan zijn, omdat functies van viewers voor toepassing op de bouwplaats anders kunnen zijn, dan functionaliteiten die engineers en ontwerper gebruiken (denk bijvoorbeeld aan het opmeten, maken van doorsnede, zoomen en roteren van het model, maar ook aan kleurcoderingen, visualisering van maaiveld et cetera). Een eerste activiteit is daarom het inventariseren van 3D viewer-behoeften. Dit kan bijvoorbeeld per CROW500 rol worden gedaan, waarna uiteindelijk bepaald kan worden welke soorten 3D viewers geïmplementeerd kunnen worden.

Een andere activiteit is het bepalen van de toepasbaarheid van een 'fuzzy 3D model' (een model met een gradiënt kleurcode en ruimtelijke buffermarge die waarschijnlijkheid van ligging aantoont). Dit model visualiseert niet een exacte 3D ligging, maar visualiseert het waarschijnlijke liggingsgebied op basis van beschikbare liggingsdata van een netwerk. In 2016 is dit model ontwikkeld door 4TU, met als doel om met onzekerheid in liggingsgegevens visueel te maken. Dit zou deels invulling kunnen geven aan RANDVOORWAARDE 6.2.2., omdat beperkingen omtrent nauwkeurigheid en compleetheid van data met 3D 'fuzzy geometrie' kunnen worden gevat. De output hiervan wordt een fuzzy visualisatiemodel dat is gebaseerd op het IMKL.

Een volgende stap is het implementeren van de visualisaties in een test 3D KLIC-viewer. Deze versie kan in demoversies en proeftuinen voor een 3D-voorbereid KLIC WIBON worden toegepast. Deze proeftuinen geven toekomstige gebruikers inzicht, maar kan op de lange termijn ook feedback opleveren voor het ontwerp van een 3D voorbereid KLIC-systeem.

Parallel aan de verkenning van mogelijke visualisatievormen, zullen netbeheerders binnen de graafsector het initiatief kunnen nemen met IT-leveranciers de bestaande pakketten aan te passen. Commerciële CAD-GIS systemen zullen op gebied van data-registratie en viewers aangepast kunnen worden (RANDVOORWAARDE 6.2.4.). Op de langere termijn zal de graafketen gebruik moeten kunnen maken van 3D-proof commerciële systemen voor uitwisseling van WIBON-data.

7.3. KANTTEKENINGEN BIJ ROADMAP

Het is belangrijk te realiseren dat er niet iets bestaat als één absolute en 'beste' vorm van 3D. Driedimensionale data kan op verschillende manieren worden gemodelleerd en gevisualiseerd – bijv. variërend van simpele 2D netwerken verrijkt met diept informatie, 2.5D geometrieën gebaseerd op aannames, eenvoudige 3D modellen en gedetailleerde 3D netwerk- en componentvisualisaties ten opzichte van maaiveld. Het gesprek met de sector is essentieel om scherp te stellen aan welke (technisch functionele en niet-functionele) behoeftes voldaan moet worden als ontwikkeld wordt richting een 3D-voorbereid KLIC WIBON systeem.



Tot slot herhalen we dat de gepresenteerde roadmap voortkomt uit een onderzoek naar de waarde van 3D. De onderzoekers hebben de systematisch verkregen uit dit onderzoek vertaald naar activiteiten en milestones van de roadmap, maar de roadmap is nog niet getoetst op haalbaarheid door de sector.

De roadmap vormt een dus een *eerste aanzet* tot een uitgebreider roadmappingproces waarin het Kadaster samen met de graafsector aanpassingen, uitbreidingen en verbeteringen doorvoert op de huidige roadmap.



8. DISCUSSIE EN VERVOLG

Uit de kaders van dit onderzoek komen ook beperkingen naar voren. We bespreken deze hieronder puntsgewijs en geven suggesties voor vervolgonderzoek.:

- Resultaten uit de enquêtes geven een algemene indruk van de huidige zienswijze van de sector ten aanzien van 2D en 3D. Hoewel dit beeld een goede eerste indruk geeft, blijkt dat niet alle rollen binnen de graafketen evenredig vertegenwoordigd waren in de antwoordreeks. Aannemers, grondroerders en opdrachtgevers waren beperkter vertegenwoordigd. Vervolgonderzoek zou de enquête breder kunnen uitzetten onder deze groepen om de betrouwbaarheid van de resultaten te vergroten.
- Het meetbaar maken van 'meerwaarde' bleek lastig. 3D biedt een extra informatiedimensie aan een model of tekening en deelnemers gaven aan dat dat leidt tot, onder andere, meer kwaliteit, inzicht en veiligheid in het graafproces. Hoewel het logisch lijkt dat dit tijd- of kostenbesparingen oplevert op de lange termijn, is dit lastig met één experiment of pilot te meten. Hiervoor zou in de toekomst een groot aantal zeer vergelijkbare '2D en 3D projecten' over langere termijn te vergelijken. De uitvoering van dergelijk onderzoek is grootschalig en complex.
- Het overzicht van use cases die uit de interviews naar voren kwamen is indicatief. De lijst lijkt volledig, maar is niet getoetst op compleetheid. Cases hebben ook enige mate van overlap. Het is waarschijnlijk dat de vorm en mate waarin 3D meerwaarde biedt, verschilt per use case. Vervolgonderzoek zou verder kunnen inzoomen om deze afbakening van use cases te verbeteren.
- Het experiment heeft een indruk gegeven van de mate waarin 3D scoorde ten aanzien van de criteria gemak, geschiktheid en communicatiepotentieel. Resultaten wijzen erop dat de scores hiervoor verhoogden wanneer deelnemers meer ervaring met de gebruikte 3D viewer kregen. Een toekomstig experiment zou dus rekening moeten houden met deze leercurve.
- De gepresenteerde roadmap is gemaakt op basis van de bevindingen van de wetenschappers. De sector, het Kadaster en kennisinstellingen zouden deze gezamenlijk verder moeten uitwerken om focus en draagvlak te krijgen.

Het onderzoeksteam schat tot slot in dat beter beeld over de meerwaarde van 3D ontstaat door concrete ervaringen en experimenten. De praktische meerwaarde van 3D lijkt pas te meten als dergelijke data werkelijk wordt gebruikt in concrete situaties en over meerdere fases van de levenscyclus van een netwerk.

9. CONCLUSIE

Dit onderzoek verkent de waarde van 3D modellen en visualisaties in de context van KLIC en de WIBON. Hierbij beschouwt het de verscheidenheid aan rollen in de graafsector en diversiteit aan soorten ondergrondse netwerken. Het onderzoek bestond uit een viertal activiteiten: (1) een algemene verkennende enquête naar het gebruik van 2D en 3D, (2) een reeks interviews naar use cases voor 3D, (3) een vergelijkend experiment tussen 2D en 3D viewers en (4) een reflecterende focusgroep.

Het onderzoek concludeert dat 3D een meerwaarde biedt voor de graafsector. In zijn algemeenheid erkenden deelnemers dat een 3D voorbereid KLIC WIBON systeem meerwaarde kan bieden in de toekomst. Echter verschilden respondenten in hun inschatting over wat deze meerwaarde kan zijn op korte termijn (waarin weinig 3D data voorhanden is). Deelnemers aan het experiment hadden een overwegend kritische blik ten aanzien van 3D. Deze blik was minder kritisch onder de deelnemers aan de interviews en de enquête. Wij vermoeden dat dit komt omdat de laatste groep op een 'meer vrijblijvend' niveau over 3D kon spreken. Hieronder worden de conclusies uit het onderzoek nogmaals belicht.

9.1. HUIDIGE SITUATIE TEN AANZIEN VAN 2D EN 3D

Het huidige 2D KLIC-systeem wordt overwegend naar tevredenheid gebruikt. Datalevering is snel, de browser is gemakkelijk bruikbaar en attribuuft data is voldoende. Visualisaties zijn uniform. De nauwkeurigheid en



volledigheid van ligginggegevens dienen wel verbeterd te worden, 3D informatie mist en standaardisatie (bijvoorbeeld van boringen en kabelbundels) zou verder kunnen worden doorgevoerd.

Opvallend is de consistentie tussen de mening over 2D van alle telecomaانبieders. Zij stelden namelijk dat de huidige 2D uitwisselingswijze voor hen voldoende is en dat zij beperkt de behoefte hebben aan 3D.

Momenteel is 3D nog geen gemeengoed. Twee uitzonderingen zijn aannemers die zelf 3D datasets beheren van ingemeten aangelegde netwerken en telecomaانبieders die registreren afwijkingen van standaarddieptes registreren.

Verder lijkt de behoefte aan 3D binnen de graafketen overwegend groot tot zeer groot te zijn, maar is er variatie in de behoefte van de antwoorden van de netbeheerders. Binnen deze doelgroep, is de behoefte zowel zeer klein als zeer groot.

9.2. USE CASES EN VOORDELEN VAN 3D

Er zijn acht gebruikstoepassingen (use cases) van 3D-datamodellen en -visualisaties geïdentificeerd. Deze lijst met use cases is niet uitputtend en use cases zijn niet wederzijds exclusief (één casus kan onderdelen bevatten die overeenkomen met andere casussen). De beknopte omschrijving van casussen zijn gerangschikt naar moment van uitvoering tijdens graafproces in de onderstaande lijst:

1. oriëntatie op projectlocatie;
2. het verkennen van de complexiteit op een locatie met 'gestapelde' leidingen;
3. het maken van een ontwerpplan;
4. het ontwerpen van een tracé;
5. het voorbereiden van de (uitvoeren van) een gestuurde boring;
6. het bepalen van proefsleuflocaties;
7. het ondersteunen van uitvoeringswerkzaamheden, en
8. het integreren van de ondergrond in ruimtelijke vraagstukken.

Door respondenten benoemde voordelen die te behalen zijn door 3D, zijn:

1. een kwaliteitsverbetering (ten opzichte van 2D);
2. een vergemakkelijking van uitvoering van casussen;
3. een versnelling van uitvoering van casussen en beperking van meerwerk;
4. het beperken van inmeetkosten en beheerskosten van parallelle databasesystemen waarin 3D data is opgeslagen.

9.3. GEBRUIKSERVARING 3D

Ten aanzien van het gebruik van 2D en 3D tijdens de experimentele use cases bleek dat 3D als meest geschikt werd beoordeeld tijdens de planvormende casus (use case 1) en de (tracé)ontwerpde casus (use case 3).

Twee dimensionale modellen werden in zijn algemeenheid hoger beoordeeld op de items gemak en geschiktheid. 2D en 3D scoren gelijkwaardiger voor het item 'communicatiepotentieel'. Een mogelijke verklaring hiervoor is dat deelnemers nog weinig ervaring met 3D-viewers en modellen hebben en dus een leercurve dienen te doorlopen voordat ze 2D en 3D gelijkwaardiger beoordelen kunnen. Verder is een verklaring 3D een nieuwe dimensie van onzekerheid introduceert ten opzichte van (al bestaande onzekerheden in) 2D.

Tijdens observaties van het experiment duiden deelnemers allen op tekortkomingen van de besturingsinterface en de eigenschappen van de 3D viewer. Deze bleek niet toegeëigend voor de specifieke behoeften van ontwerpers, engineers en (asset) managers. Deelnemers vonden dat elementen zoals de z-coördinaat, het dek, het verval en de bodemsamenstelling onvoldoende helder waren opgenomen in het 3D model. Dit was opvallend, omdat de controlegroep die dezelfde casus in 2D uitwerkte deze tekortkoming niet constateerde. 3D modellen lijken dus aan te zetten tot 3D-denken, ondanks technologische tekortkomingen.



9.4. RANDVOORWAARDEN

Om tot een bruikbaar 3D-voorbereid KLIC WIBON model te komen, zijn er een aantal technische en niet technische randvoorwaarden. Deze zijn als volgt:

Technisch

1. De betrouwbaarheid van brondata is in 2D reeds een punt van aandacht en blijft dus ook in 3D bestaan. Informatie over nauwkeurigheid en volledigheid van geregistreerde liggingsgegevens dient te worden opgenomen in datamodellen en -visualisaties.
2. Standaardisatie (van visualisaties) dient verder doorgevoerd te worden, om zo ook in 3D uniformiteit te krijgen in visualisaties van bijvoorbeeld kabelbundels, afsluiters, z-coördinaten van netwerken en het maaiveldniveau.
3. De actualiteit van geregistreerde gegevens dient te worden opgenomen als onderdeel in een 3D datamodel, omdat verouderde gegevens risico's vergroten, omdat kabel- of leidingposities in de tijd kunnen zijn verschoven.
4. Bronsystemen kunnen momenteel alleen 2D gegevens vast leggen. Topologische en geometrische gegevens die bij 3D van belang kunnen zijn, worden beperkt of niet ondersteund. De meeste viewers zijn 2D. Systemen dienen dus aangepast te worden. Er dient tevens te worden besloten of de sector standaarddieptes gebruiken kan als duiding van een theoretische ligging, of dat dit alleen kan wanneer de ligging in het veld is geverifieerd.

Niet-technisch

5. Er is geen heldere begripsvorming binnen de sector over wat 3D voor kabels en leidingen inhoudt. Er zijn verschillende vormen mogelijk (bijv. eenvoudige annotaties over 3D informatie, 3D topologische en topografische modellen met weinig detail en 3D modellen met veel detail). Het is noodzakelijk om deze behoefte op tafel te krijgen per stakeholdertype en graafproces-activiteit.
6. De behoefte aan 3D verschilt binnen de sector. Zo lang vanuit overheidswege er geen 3D model wordt voorgeschreven, zou een optioneel 3D-voorbereid model kunnen worden ingevoerd voor partijen die daar behoefte aan hebben.
7. De beleving van deelnemers aan het onderzoek is dat 3D zou kunnen gaan zorgen voor een schijnveiligheid, omdat deze modellen meer waarheidsgetrouw zijn en daarmee de suggestie wekken nauwkeuriger te zijn. Om te voorkomen dat de transitie naar 3D-voorbereid KLIC juist graafschades veroorzaakt, dient daarom een communicatie en voorlichting hierover te worden opgezet.
8. Vereiste visualisatie- en interactiefunctionaliteiten voor 3D modellen kunnen per graafketenrol verschillen. Er dient daarom per rol te worden geïnventariseerd welke functionaliteiten er nodig zijn, zodat 3D viewers gebruiksvriendelijk zijn en meerwaarde kunnen bieden.
9. Het invoeren van 3D modellen en systemen vergt investeringen in trainingen en systemen. De opdrachtgever kan een rol spelen bij het aanjagen van deze investeringen door expliciet uit te vragen om data aan te leveren in 3D.
10. Tussen de huidige situatie en een situatie waarin modellen 'volledig in 3D' staan, zit een moment van inwinning, registratie en modelering van diepte (of andere 3D) informatie. Deze transitieperiode dient zorgvuldig te worden georganiseerd om te voorkomen dat 3D modellen verkeerd worden geïnterpreteerd (bijv. wanneer een fictieve theoretische diepte als werkelijke diepte wordt aangenomen).

9.5. ROADMAP

Een roadmap is opgesteld naar aanleiding van de bovenstaande resultaten. Deze roadmap beschrijft welke activiteiten, tussenuitkomsten en milestones op de korte, middellange en langere termijn kunnen bijdragen aan



het realiseren van succesvolle 3D use cases en, uiteindelijk, tot een effectieve en waardevolle 3D uitwisseling via KLIC WIBON.

De stappen beschrijven hoe de graafsector via voorlichting en training, vormgeving van de implementatiecontext, ontwikkeling van standaardisatie en data-registratie-afspraken, uitvoering van data-inwinning en verbetering van systemen leidt tot een 3D-voorbereid WIBON KLIC systeem.

De huidige roadmap in Hoofdstuk 7 is nog niet geverifieerd in de praktijk. Een belangrijke vervolgstap is daarom dat het Kadaster samen met werkgroepen, graafketenrollen en onderzoeksinstituten deze roadmap verder uitwerkt.



Appendices

APPENDIX 1: ENQUÊTEVRAGEN

Onderzoek 3D binnen WIBON

De graafsector en het Kadaster zien ontwikkelingen in de omgeving die steeds meer gericht zijn op de derde dimensie. Om zich hierop voor te bereiden, wil het Kadaster onderzoeken wat de meerwaarde is van het gebruik van de derde dimensie tijdens informatie-uitwisseling via KLIC tussen de diverse stakeholders binnen de graafketen. In opdracht van het Kadaster voeren Universiteit Twente, TU Delft en TU Eindhoven daarom samen onderzoek uit naar waar deze meerwaarde zich manifesteert. Het onderzoek bestaat uit deze enquête, een reeks interviews, een experiment, en een groepsinterview. Ook implementeerbaarheid van 3D komt hierbij aan bod.

We nodigen u uit om vanuit uw expertise mee te denken, door uw mening te geven over 'de huidige manier van werken' en de potentie van de derde dimensie. We vragen u deze vierdelige vragenlijst eenmalig in te vullen. Invullen kost ca 5 minuten. Uw data wordt opgeslagen binnen de Microsoft Forms omgeving van Universiteit Twente. De verzamelde gegevens zullen slechts gebruikt worden voor het onderzoek en worden bewaard tot oktober 2022. Eventuele antwoorden uit de enquête die herleidbaar zijn naar u, worden niet gepubliceerd zonder uw toestemming. Voor betrouwbaarheid van het onderzoek hebben we echter uw email en organisatiennaam nodig. Uw email gegevens zullen worden verwijderd bij de analyse van de resultaten.

* Required

Deel 1: Uw functie

1. Wat is uw functie binnen de graafketen? *

- Aannemer
- Grondroerder
- Netbeheerder
- Ontwerper
- Opdrachtgever van graafwerkzaamheden
- Other



2. Bent u ook betrokken bij een platform of sectoroverleg? Zo ja, welke van de onderstaande (meerdere opties mogelijk) *

- Nee
- Ja, Kabel en Leidingoverleg (KLO)
- Ja, Werkgroep Graafrechten (WG)
- Ja, KLIC-gebruikersoverleg (KGO)
- Ja, Gemeentelijk Platform Kabels en Leidingen (GPKL)
- Ja, Netbeheer Nederland
- Ja, Stichting RIONED

3. Voor betrouwbaarheid van het onderzoek hebben we uw email en organisatiernaam nodig. Wat is uw organisatie? *

4. Voor betrouwbaarheid van het onderzoek hebben we uw email en organisatiernaam nodig. Wat is uw email? *



Deel 2: Huidige manier van werken in 2D

5. Voor welke specifieke taken/activiteiten gebruikt u nu de (in 2D) KLIC-data volgens de WIBON (Wet Informatie Uitwisseling Boven en Ondergrondse Netten en Netwerken) over kabels- en leidingen in de ondergrond? *

6. In hoeverre vindt u dat de huidige wijze van 2D-uitwisseling volstaat voor het uitvoeren van uw taken? *

Volstaat helemaal niet goed	Volstaat niet	Volstaat	Volstaat goed	Volstaat heel goed
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

7. Kunt u drie sterke punten opnoemen aan de KLIC data-uitwisseling (en visualisatie in 2D) binnen de huidige WIBON? *



8. Kunt u drie verbeterpunten opnoemen aan de KLIC data-uitwisseling (en visualisatie in 2D) binnen de huidige WIBON? *

Deel 3: Het potentieel van de derde dimensie (3D)

9. Wordt 3D informatievoorziening al gebruikt door uw organisatie? *

Nog helemaal niet	Nog zelden	Gemiddeld	Vaak	Erg vaak
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

10. Indien 3D informatievoorziening al wordt gebruikt door uw organisatie: Wat zijn uw ervaring met het gebruik van 3D informatievoorziening?

11. In hoeverre heeft uw organisatie – naar uw mening - behoefte aan het toevoegen van 3D informatie (bijv. diepte, dek, hoogteafstanden, z-coördinaat, objectgeometrie) aan KLIC data-uitwisseling? *

Zeer weinig	Weinig	Neutraal	Veel	Erg veel
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>



12. Kunt u de voorbeelden opsommen waarvoor u 3D informatie zou willen gebruiken indien deze opgenomen is in de WIBON? Omschrijf per voorbeeld zowel het soort 3D-informatie (bijv. diepte, dek, hoogteafstanden, z-coördinaat, objectgeometrie) als de specifieke taak/activiteit waarvoor u deze wil gebruiken. Beperk uzelf tot de context van de WIBON, dus tot graafschadebeperking en zorgvuldig graven *

13. Wat zijn volgens u de grootste technische barrières waardoor het gebruik van 3D informatie nu wordt tegengehouden? *

14. Welke andersoortige barrières zijn er volgens u ten aanzien van invoering en gebruik van WIBON data in 3D? *

15. Soms komt het voor dat WIBON data gebruikt wordt voor andere doeleinden van graafschadebeperking (bijvoorbeeld bij ruimtelijke planning en uitvoering van werken). Kunt u een voorbeeld noemen van een situatie waarin 3D WIBON-data gebruikt zou kunnen worden voor andere doeleinden dan graafschadebeperking en zorgvuldig graven? *



Afronding

16. Heeft u ten aanzien van het onderwerp 3D nog relevante opmerkingen die niet passen bij de bovenstaande vragen?

17. Heeft u ten aanzien van het onderzoek nog op- of aanmerkingen?



APPENDIX 2: INTERVIEWVRAGEN

Achtergrond

We beginnen met vragen over uw betrokkenheid binnen de graafketen.

Kunt u kort uw functie en achtergrond beschrijven?

Wat is uw rol binnen de graafketen?

Bent u ook betrokken bij een platform of sectoroverleg? (*denk aan GPKL, Werkgroep Graafrechten, KLO, Netbeheer NL, KGO et cetera*).

Werkwijze

Voor welke specifieke taken/activiteiten gebruikt u momenteel WIBON KLIC (*Wet Informatie Uitwisseling Boven en Ondergrondse Netten en Netwerken*) data over kabel- en leidingen in de ondergrond?

Kunt u de activiteiten binnen deze taken nader toelichten?

Kunt u verbeterpunten voor deze bestaande taken beschrijven?

Hoe denkt u dat gemeten kan worden of verbeterpunten zinvol zijn geweest?

Potentie derde dimensie (3D)

Wat zijn uw ervaringen met 3D informatievoorzieningen (3D data, 3D modellen, of 3D visualisaties) in uw organisatie?

Kunt u beschrijven hoe uw huidige WIBON-taken (*ten aanzien van graafschadebeperking en zorgvuldig grondroeren*) veranderen wanneer 3D informatie (*zoals diepte, dek, hoogteafstanden, x-coördinaat, objectgeometrie*) zou worden toegevoegd aan WIBON/KLIC uitwisseling?

WIBON-data kan ook worden gebruikt voor andere doeleinden dan graafschadebeperking (denk aan ruimtelijke planning, uitvoering werken). Zijn er naar uw idee situaties waarin 3D een extra toegevoegde waarde oplevert voor dergelijke doeleinden?

Heeft u nog afsluitende op- of aanmerkingen m.b.t. dit interview?



APPENDIX 3: BESCHRIJVING VERTREK PUNT ROADMAP

Hieronder wordt de huidige situatie van 2D informatie-uitwisseling en visualisatie samengevat. De beschrijving vormt een vertrekpunt voor de opgestelde roadmap uit Hoofdstuk 7. Elementen die aan bod komen bevatten een motivatie voor het opstellen van de roadmap (why), lichten toe wat er gedaan moet worden om verandering te bewerkstelligen (what) en welke kernactiviteiten hierbij horen (how). We bespreken achtereenvolgens: de ontwikkelingen binnen de *graafsector*; belangrijke *use-cases* die middels een 3D-voorbereid KLIC WIBON systeem mogelijk zouden worden; de vereisten aan *training en voorlichting*; de veranderingen die nodig zijn binnen de nieuwe *implementatiecontext*; de aanpassingen binnen *standaardisatie en data-registratie, data-inwinning en ICT systemen*.

GRAAFSECTOR (WHY)

De graafsector wisselt momenteel veelal gegevens uit in 2D (via 2D CAD of GIS systemen). De roadmap biedt een perspectief op het ontwikkelen richting een 3D voorbereid KLIC-systeem binnen de kaders van WIBON.

In de huidige situatie is men overwegend tevreden over de mogelijkheden van de 2D data-uitwisseling binnen de WIBON. De huidige KLIC-viewer van het Kadaster is snel en gemakkelijk bruikbaar. Voor uitwisseling zijn de meeste representaties van liggingsgegevens visueel en semantisch gestandaardiseerd (m.u.v. van kabelbundels en boringen). Desondanks zijn er kritische opmerkingen bij de nauwkeurigheid van bestaande liggingsdata en wordt ook erkend dat informatie over de derde dimensie wel waardevol is, maar veelal ontbreekt (zie Hoofdstuk 3).

Enkele aannemers en netbeheerders hebben eigen databases waarin enige diepteliggingsgegevens worden opgeslagen. De wijze waarop dit wordt gedaan, varieert sterk. 3D gegevens worden zowel als ruimtelijk element (als z-coördinaat van een vertex) geregistreerd en als annotatie opgeslagen (als character of tekst string). Driedimensionale registraties van gehele netwerken zijn uitzonderlijk. Wel worden liggingen van componenten zoals duikers, boringen en containers door sommige partijen in 3D ingemeten en opgeslagen. Ook proefsleuven en afwijkingen van standaarddieptes die een netbeheerder hanteert, worden opgeslagen door enkele partijen in de graafketen. Een gestandaardiseerde sectorbrede wijze van 3D registratie van netwerken bestaat nog niet.

USE CASES (WHAT)

Er zijn vijf gebruikstoepassingen (use cases) waarin de waarde van 3D het meest naar boven komt. In de huidige situatie is het uitvoeren van de use cases lastig, of zelfs onmogelijk, vanwege het ontbreken van 3D data. 3D wordt weliswaar geregistreerd in enkele gevallen (boringen, proefsleuven, dwarsdoorsnede-tekeningen van tracés), maar niet uitgewisseld via KLIC. Er zijn wel ontwikkelingen gaande waarin 3D bij gemeenten (zoals Rotterdam, Enschede) wordt gebruikt voor het maken van een model van de ondergrond.

VOORLICHTING EN TRAINING (HOW)

Via training en voorlichting over de ontwikkelingen in de richting van 3D-voorbereide datauitwisseling, zullen bewustwording en vaardigheden kunnen worden vergroot. In de huidige situatie, bestaan er beperkte vaardigheden in het bedienen van 3D modellen. Hoewel vele partijen in de sector wel een algemeen beeld hebben van 3D, is de bekendheid met systemen en concrete ervaring met gebruikstoepassingen beperkt.

IMPLEMENTATIECONTEXT (HOW)

De context waarin een 3D-voorbereid KLIC-systeem wordt ontwikkeld heeft invloed op de manier waarop gebruikers omgaan met deze verandering. In deze context is momenteel een tweedeling ten aanzien van de meerwaarde van 3D bij de inventarisatie van graafrisico's. Enerzijds zien partijen dat 3D een middel is om graafrisico's te verkleinen, omdat een volledige 3D registratie het diepteverloop van een netwerk toont, dus ook wanneer een diepteligging op locaties afwijkt van een standaarddiepteligging elders. Daarentegen zien andere partijen in de graafketen juist het risico groter worden bij implementatie van 3D, omdat volgens hen een 3D model een 'schijnvertrouwen' geeft. De partijen stellen dat, ten opzichte van 2D, gebruikers eerder geneigd zijn



te denken dat een 3D visualisatie een exacte x,y,z-ligging beschrijft, waardoor onzekerheden zouden kunnen worden onderschat.

Verder bestaat er momenteel verdeeldheid over het rendement investeringen in 3D. Voor netbeheerders en systeemontwikkelaars brengt de implementatie van 3D ontwikkel- en trainingskosten met zich mee. Software dient te worden aangepast, net als inmeet-, registratie- en modelleringsprotocollen. Het bijscholen van personeel vraagt ook om investering. Het lijkt erop dat de geanticiperde baten van 3D voor netbeheerders met minst diepe infrastructuur – bijvoorbeeld telecompagnijen – dermate onzeker of klein zijn, dat de afweging om te investeren in 3D voor hen momenteel onaantrekkelijk is.

STANDAARDISATIE EN DATA-REGISTRATIE (HOW)

Net als bij andere standaardisaties van geo-data, is ook bij 3D een belangrijke rol weggelegd voor standaardisatie binnen het voorbereiden van een 3D KLIC-omgeving. Momenteel vindt uitwisseling conform het IMKL plaats, hetgeen inhoudt dat 2D uitwisseling in de praktijk de standaard vormt. 3D informatie wordt in sommige gevallen wel ingemeten, maar altijd bewaard. Diepteligging kan bijvoorbeeld als annotatie worden meegegeven in het IMKL, maar dit is niet voldoende uitgewisseld en het vraagt bovendien om enig bewerking om dit om te zetten naar gegeoreferenteerde 3D liggingsgegevens.

DATA-INWINNING (HOW)

Naast het zetten van kaders voor het registreren van data, is ook het inwinnen van nieuwe, en 'opwaardering' van bestaande data een item op de roadmap. Ten aanzien van data inwinning in de huidige situatie, constateert het onderzoek dat de huidige 2D-werkwijze op gebied van nauwkeurigheid en compleetheid voor verbetering vatbaar is. Liggingsgegevens worden niet periodiek bijgewerkt en in het verleden zijn er verscheidene technieken gebruikt om netwerken in te meten. Echter veranderen de liggingsgegevens in de tijd, door civieltechnische aanpassingen aan het maaiveld, of bijvoorbeeld door natuurlijke inklinking van de bodem. Daarnaast hebben transitie tussen eigenaars en digitaliseringsslagen vermoedelijk tot aannames en informatieverlies geleid. Het gevolg is dat 2D gegevens momenteel al een behoorlijke onzekerheidsmarge (conform CROW500 is dit 1-1,5m) hebben. Het is onbekend wat een betrouwbare frequentie is om netwerken opnieuw in te meten, om betrouwbaarheid voldoende te garanderen.

Er wordt momenteel wel enige data in 3D ingemeten, bijvoorbeeld bij aanleg van nieuwe netten waarbij kabels of leidingen in 3D-GPS ingemeten worden in open sleuf. Zoals eerder vermeld, worden ook dieptegegevens van proefsleuven, in- en uitredepunten van gestuurde boringen ingemeten. Deze data kan echter niet altijd worden bewerkt en geïntegreerd in de GIS-systemen die netbeheerders gebruiken.

SYSTEMEN (HOW)

De systemen waarin uiteindelijk 3D datamodellen geïmplementeerd worden voor representatie en visualisatie, zullen richting 3D-voorbereid WIBON/KLIC ook moeten veranderen. Op dit moment zijn er kunnen specifieke 2D-CAD en GIS-systemen voor de nutssector (bijv. ORCA, Smallworld, COCON) beperkt omgaan met 3D geometrieën of z-coördinaten. Als er 3D gegevens zijn meegegeven, dan is dit vermoedelijk meestal in de vorm van een tekstuele annotatie. Eveneens zijn de huidige KLIC-viewer van het Kadaster en commerciële viewers in 2D vormgegeven.