

Verslag Netwerk Dijkmonitoring

25 mei 2022: LiDAR technologie

Op woensdag 25 mei organiseerde het Netwerk Dijkmonitoring in samenwerking met het Waterschapshuis, BZIM, DMOW Vlaanderen en SJF Supports een workshop over LiDAR monitoring.

Rens Nuwenhoud gaf ter introductie een overzicht van de actuele ontwikkelingen en plannen waaraan het Netwerk Dijkmonitoring werkt. Het Netwerk Dijkmonitoring en zijn achterban concludeerde in januari 2020 toe te willen werken naar structurele toepassing van dijkmonitoring in de praktijk. In 2022 is het doel om een Spoorboekje op te stellen dat de stappen beschrijft die we als sector kunnen nemen om tot structurele implementatie te komen. Inmiddels heeft de startbijeenkomst plaatsgevonden. Ook is er vanuit de achterban behoefte om de organisatorische component van monitoring uit te werken. Op dit moment werkt het Netwerk Dijkmonitoring mee bij het vormgeven van de ingangstoets en wellicht straks ook bij de uitgangstoets voor de beheerder. Verder wordt er gekeken naar referentielocaties waar kennis wordt gedeeld over dijkmonitoring.

Inleiding LiDAR techniek

Rens Nuwenhoud (Netwerk Dijkmonitoring/BZIM) geeft een introductie op de techniek. Dit gaat in op drie onderwerpen, de inleiding op LiDAR, waarom LiDAR te gebruiken en de huidige toepassingsgebieden van LiDAR buiten dijkmonitoring om.

LiDAR staat voor Light Detection and Ranging. Deze techniek maakt gebruik van lichtstralen zoals Infrarood en Ultraviolet. Deze worden uitgezonden en door weerkaatsing op een oppervlak weer ontvangen. De tijd tussen het uitzenden en ontvangen (zogenoemde time of flight) bepaalt de afstand van een object. LiDAR zendt deze lichtstralen vele malen per seconden uit. Dit resulteert in een puntenwolk met xyz-coördinaten. Optioneel kunnen sommige LiDAR apparaten ook een kleurcode toevoegen aan elk punt, wat een representatief 3D-beeld geeft van het gescande object. De puntenwolken kunnen in verschillende dataformats geëxporteerd worden, de meest gebruikte formats zijn de .las, .laz en .xyz formats. Ook kunnen de datasets als mesh geëxporteerd worden.

Een reden waarom LiDAR voor dijkmonitoring gebruikt kan worden is omdat het een non-destructieve methode is om een dijk in te meten. Daarnaast geeft het ook een accurate 3D visualisatie van het ingemeten object welke vlakdekkend ingemeten wordt. De data is snel beschikbaar, accuraat en eenvoudig bewerkbaar met de juiste software. Deze data is ook om te zetten in hoogterasters zodat deze gebruikt kunnen worden GIS .

De toepassingen van LiDAR begon in de luchtvaart en aan satellieten voor klimaatstudies. Inmiddels wordt de techniek toegepast voor autonome auto's en robots in warenhuizen. Daarnaast wordt de techniek toegepast in grootschalig archeologisch onderzoek in lastig bereikbare locaties. In Nederland is het bekendste voorbeeld van gebruik van LiDAR het Actueel Hoogtebestand Nederland.

Tijdens de workshop zijn 4 presentaties gegeven met ieder een ander onderwerp. Het waterschapshuis presenteert de toepassing van LiDAR bij de AHN. SJF Support presenteert de toepassing van de techniek in combinatie met drones. BZIM presenteert het gebruik van de handheld LiDAR. Tot slot verteld het DMOW Vlaanderen over de data analyse, verwerking en het gebruik tijdens het Living Lab Hedwige- Prosperpolder.

LiDAR en de AHN

Erik Nobbe is programmamanager beeldmateriaal bij het Waterschapshuis en verantwoordelijk voor de data van het AHN. De AHN kent inmiddels 4 versies waarvan met de eerste versie is begonnen in 1997, ook toen al met de LiDAR techniek. Naast de AHN meet het waterschapshuis voor Rijkswaterstaat ook jaarlijks hoogdynamische gebieden in zoals de Wester-, Oosterschelde, het waddengebied en het kustgebied.

De toepassingen voor deze data zijn onder andere 3D modellering en de 3DBGT. Deze ontwikkelingen zijn niet mogelijk zonder goed hoogtemodel. Ook kan de data goed gebruikt worden in digital twins. Ingenieursbureaus gebruiken LiDAR voor grondverzet en mutatiedetecties door verschillende metingen naast elkaar te gebruiken.

AHN 1 is destijds ingemeten met 1 punt per 16 m². Dit was voor die tijd een hele goede bepaling van de hoogte voor heel Nederland. Bij AHN 2 is er gekozen voor een punt dichtheid van tussen de 6 a 10 punten per m². Dit zorgde er voor dat het voor het eerst mogelijk was om overstromingsberekeningen en modellen te maken met behulp van AHN. De AHN 2 is ingemeten van 2007 tot en met 2012. AHN 3 lijkt erg op AHN 2 qua punt dichtheid en tijdschema, deze is dan ook enkel ingewonnen voor een actualisering van de gegevens.

Voor AHN 4 is punt dichtheid opgeschaald naar minimaal 10 punten per m². Voor een ingemeten perceel, wat grotendeels de Randstad omvat, is een punt dichtheid gehanteerd van 20 punten per m² dit is samen gedaan met de gemeente Amsterdam en Waternet. Dit is puur gedaan voor een accuratere berekening van waterbergingen en overstromingen.

Bij het gebruik van LiDAR voor een land-dekkend hoogtebestand kost het erg veel tijd tussen de inwinning en de oplevering van de data. Dit komt vanwege de grootte van de data en het controleproces ook vanwege de classificatie die elk punt toegewezen krijgt vanuit het Waterschapshuis zoals maaiveld, water, overig, kunstwerk etc.

Er wordt jaarlijks of tweejaarlijks een aantal hoogdynamische gebieden ingevlogen. Hierbij worden andere specificaties gebruikt. Zo is de punt dichtheid 1 punt per 2 m². Maar omdat deze gebieden elk jaar ingemeten worden ontstaan er wel goede tijdreeksen van de ingemeten gebieden.

Tijdens het hoogwater van Limburg in Juli 2022 heeft het Waterschapshuis ook opdracht gekregen om de situatie beter in kaart te brengen. Zo zijn de Geul, de Geleenbeek en de Roer in te meten met LiDAR luchtfoto's en oblieke data. Dit is niet alleen gedaan om de hoogwatersituatie goed in kaart te brengen maar ook voor de schadeafhandeling om goed te kunnen weten wat de situatie was ten tijde van hoogwater. Ook is de gehele Maas ingemeten tot aan de Biesbosch, deze dataset wordt door Rijkswaterstaat en Deltares gebruikt om de hoogwatersituatie zich ontwikkeld heeft, waar het water gevallen is en hoe dit afstroomt richting het gehele gebied.

LiDAR met Drones

LiDAR is een technologie die ook middels een drone toegepast kan worden. Door een drone meerdere malen over een bepaald gebied te laten vliegen kunnen zogenaamde changemaps gemaakt worden.

Stefan Flos is eigenaar van SJF Support en vliegt regelmatig data in met LiDAR en drones. Dit heeft hij onder andere gedaan in de Hedwige- Prosperpolder tijdens het Polder2c's project dat daar heeft plaatsgevonden. Hierbij zijn op twee verschillende momenten metingen uitgevoerd met behulp van de drone. Na deze metingen is een verschilbeeld gecreëerd tussen beide metingen. De vraag die Stefan graag wilt beantwoorden is om deze verschilbeelden erg snel te kunnen creëren zodat dit in crisorganisaties toegepast kan worden.

De mogelijkheid om dit uit te testen heeft zich voorgedaan tijdens het Polder2c's project. Tijdens een proef is de drone ingezet om verschillende metingen uit te voeren en een verschilbeeld te maken. De vraag is met welke snelheid verschillen gemeten kunnen worden. Dit kan ten tijden van crisis voordelen hebben. Zo kunnen de verschilbeelden dreigende calamiteiten zoals instabiliteit waarnemen, maar ook is de bereikbaarheid van een dijk groter indien deze door evacuatie een restrictie heeft. Ook kan op deze manier de dijk 24/7 in de gaten gehouden worden omdat de techniek ook goed inzetbaar is als het donker is.

Het type onderzoek waarvoor het gebruikt wordt is voor het overgrote deel voor administratieve redenen. Dit wil zeggen dat de huidige stabiele staat van een dijklichaam of object ingemeten wordt. Ook na een gebeurtenis is een veel voorkomend moment om de techniek in te zetten. Het minst wordt de techniek gebruikt tijdens een gebeurtenis. Voorbeelden hiervan zijn dreigende calamiteiten of noodsituaties, gedurende of direct na een dijkdoorbraak, en het bijhouden van ontwikkelingen na het uitvoeren van interventies/noodmaatregelen.

Tijdens de proeven bij Polder2c's is 12 keer op een dag gebruik gemaakt van een drone voor het invliegen van een testlocatie. Het doel was om te onderzoeken of near realtime verschilbeelden snel gecreëerd konden worden. Dit is gebeurd met verschillende instellingen en vluchtpatronen. Voorafgaand op de uitvoering was vooral veel voorbereiding voor onder andere de kalibratie van de apparatuur. Tijdens het uitvoeren van de proef bleek de generatie van de puntenwolk erg snel te gaan en binnen 3 minuten klaar te zijn. Vervolgens werden de punten omgezet naar GIS data in de vorm van grids. Met behulp van verschillende grids zijn er changemaps gemaakt. Hieruit kwam een afwijking van +/- 1cm voor een standaard gridcel tussen de vluchten in. Voor de consistentie en accurate data(verwerking) is het wel belangrijk dat er een lokaal referentiestation voor een RTK-GPS signaal.

De volgende stap is de techniek toe te passen om grondgedrag bij zettingen in beeld te krijgen, dit direct te verwerken en ter plaatse terug te kunnen koppelen. Ook dient het uiterlijk van een verschilbeeld ontwikkeld te worden: hoe laat je een vervorming het beste en duidelijkste zien? Ook dient de gehele procedure nog geoptimaliseerd te worden. Vervolgens moet er een crisisteam-organisatie opgezet worden die bij echte dreigende calamiteiten ingezet kunnen worden.

Handheld LiDAR

Peter van Dijk is adviseur waterveiligheid bij BZ Ingenieurs & Managers en bezig met de ontwikkeling in de toepassing van handheld LiDAR in de waterveiligheid. LiDAR is een techniek die in de afgelopen jaren sterk is ontwikkeld en een miniaturisering heeft doorstaan. Zo werd eerder nog van een Terrestrial Laser Scanner (TLS) gebruik gemaakt. Dit is een meetstation op een driepoot die erg accuraat een omgeving in kan meten vanaf een bepaald vast punt. Sinds een aantal jaar is deze meetapparatuur langzaam compacter geworden en beschikbaar geworden in mobiele apparaten, de handheld LiDAR scanner met een mobiele data verbinding.

De toepassing voor de handheld Lidar zijn de volgende:

- Nulmeting
- Monitoring
 - Verschilmetingen
 - Zettingen, verzakkingen
- Schade en herstel
 - Dierlijke graverijen
 - (droogte) scheuren
 - Verzakkingen
 - Ontwikkeling herstel (zetting)
- Onderbouwing zorgplicht
- Risico-gestuurd beheer en onderhoud

Met behulp van de handheld LiDAR kan ook eenvoudig het buitenbeeld naar binnen gehaald worden. Zo kunnen de beheerders buiten eenvoudiger naar kantoor communiceren wat ze waarnemen. De ingewonnen data kan snel gepresenteerd worden en afstanden binnen de dataset kunnen in de applicatie opgemeten worden. Dit kan zowel op de mobiele telefoon als de computer waar de dataset op getoond wordt.

Een andere toepassing is om met behulp van bewerkingssoftware van puntenwolken snel berekeningen uit te voeren. Tijdens de kalk-in-klei proef in Polder2c's is een ontstaan gat ingemeten met handheld LiDAR. Met behulp van bewerkingssoftware is het mogelijk om de inhoud van het gat te bepalen. Op deze manier kunnen mogelijk accuraat herstel en of noodmaatregelen bepaald worden.

Een voorbeeldcasus van een dergelijke toepassing van handheld LiDAR is tijdens een calamiteit. Wanneer een calamiteit wordt waargenomen, zoals scheurvorming of dierlijke activiteit kan de techniek worden ingezet. Wanneer een beheerder een dergelijke schade waarneemt kan deze direct ingemeten worden door dezelfde beheerder. Deze data wordt vervolgens direct richting kantoor verzonden ter inzage en bewerking. De betrokken personen op kantoor kunnen op basis van de ontvangen data een advies uitbrengen op basis van de werkelijke situatie. Daarnaast kan vanwege de objectieve data inwinning in de toekomst mogelijk relevante informatie terughalen voor revisie en referentie.

Een andere casus is het monitoren van (herstel)werkzaamheden. Hierbij wordt eerst een meting gedaan van de nulsituatie om de omvang van de werkzaamheden te bepalen. Tijdens de uitvoering van de werkzaamheden kunnen controlemetingen plaatsvinden. Na afronding van de werkzaamheden kunnen de uitgevoerde werkzaamheden ingemeten en gemonitord worden om de ontwikkeling van de uitgevoerde maatregelen bij te houden.



De metingen die met handheld LiDAR uitgevoerd worden zijn vlakdekkende metingen die het oppervlakte van een object inmeten. De meting kan direct geüpload worden richting de cloud. Deze data kan binnen een uur geanalyseerd worden. De data is na het verwerken en omzetten in een raster toe te passen in GIS applicaties.

De techniek is gevalideerd tijdens een experiment in Polder2c's. Hierbij is een schade uit een proef ingemeten en een verschilmeting uitgevoerd. De verschilmeting is gedaan doormiddel van het plaatsen van 2 objecten in het ingemeten gebied. Dit betrof een doos met een gewicht erop zodat deze niet wegwaaide met een inhoud van 5,5 liter en een kubus van 0,125 liter. Op de scan zijn zowel de kubus als de doos terug te vinden tijdens de metingen. Volgens de scan heeft de doos samen met het gewicht een inhoud van 5,05 liter en de kubus 0,12 liter. Hierbij moet wel benoemd worden dat de kubus zo klein was dat de hoeken wat afgerond worden in de lidar puntenwolk, omdat de LiDAR moeite heeft met 'harde' hoeken.

Geconcludeerd wordt dat de handheld LiDAR accurate metingen maakt en goed toegepast kan worden om het buitenbeeld naar binnen te halen. Echter dient de toepassing nog wel in de praktijk toegepast te worden buiten testopstellingen om. De techniek heeft dus zeker potentie.

Toepassing LiDAR in Polder2c's

Davy Depreiter vertelt over zijn ervaring met LiDAR in het Polder2c's project. Polder2c's is een onderzoeksproject met verschillende internationale partners in de Hedwige- Prosperpolder. Hierbinnen zijn 4 werkpakketten uitgevoerd: experimenteren, crisisbeheersing, kennisverspreiding en een permanente observatiepost. Tijdens een aantal van deze experimenten is de LiDAR meetapparatuur van het DMOW toegepast.

Als referentiepunt zijn de AHN3 en 4 gebruikt en het Digitaal Hoogte Model (DHM) van Vlaanderen v2. Hierbij is de punt dichtheid en de afwijking van de data in acht genomen. Deze sets zijn toegepast voor overzicht, referentie en gebiedsbeschrijving. De datasets zijn ook gebruikt voor het lokaliseren, plannen en organiseren van de proeven om een algemene geometrie van de proeven te bepalen evenals de visualisatie met kaartmateriaal. Als toevoeging zijn hier de orthofoto metingen aan toegevoegd.

Aan de hand van classificatie zijn alle irrelevante punten zoals bebouwing en infrastructuur verwijderd om enkel de maaiveldhoogte over te houden. Ook zijn er op voorhand verschillen bepaald tussen de DTM (foto's) en de LiDAR data. Hierbij zijn heel weinig verschillen te vinden tussen beide datasets, enkel anomalieën zoals graverijen en objecten. De mediane afwijking van beide datasets is minder dan 1 cm.

Tijdens de proeven zijn er ook kleinschalige datasets gebruikt voor detailbeschrijving. Zo zijn de 3D laserscanner en de handheld LiDAR scans toegepast voor detailbeschrijving. Met de laserscan zijn meerdere proefstroken ingemeten voor en na de proeven waarbij schade is opgetreden. Dit geeft de mogelijkheid om de toestand van de schade op te meten en de omvang van deze schade te dimensioneren.

Om een vergelijking te maken tussen twee scans zijn er markers geplaatst tijdens de proefopstelling. Zo is er bij wijze van proef een vergelijking gemaakt tussen de 3D laser scanner en de handheld LiDAR scanner. Beide scans zijn aan de hand van de markers over elkaar geplaatst om te onderzoeken wat de verschillen zijn tussen inmeten met beide apparaten. Hierbij blijkt dat de data dichtheid van de 3D scanner op ca 53k punten per m² is ten opzichte van de 15k punten per m² van de handheld LiDAR. Opgemerkt wordt dat de dataset van de handheld LiDAR niet gegeoreferent was en die van de 3D



laser wel. Na het matchen van deze datasets blijkt dat de afwijking tussen beide datasets nagenoeg verwaarloosbaar is.

Ervaringen binnen het project zijn dat drones nauw aan sluiten bij de basisdata zoals AHN. LiDAR met drones is een relatief snelle methode die grotere gebieden nauwkeurig inmeten en snel inzetbaar zijn. Daarnaast werd geconcludeerd dat het positief opviel hoe accuraat de relatief eenvoudige meting met een smartphone is ten opzichte van de 3D laser scanner.

Discussie en Mentimeter

Aan de hand van de presentaties is er een discussie op gang gekomen aan de hand van een aantal Mentimeter vragen. De eerste vraag was waar de deelnemers aan dachten bij LiDAR in de context van dijkmonitoring. Hieruit bleek allereerst dat de techniek toegepast zou kunnen worden voor het bouwen van een Digital Twin van een dijktraject. Vooral het meten van deformaties al dan niet tijdens hoogwater werd als een goede toepassing gezien. Er kunnen verschillende processen zijn die op verschillende schaal kunnen vragen om de toepassing van LiDAR metingen.

Bij de tweede vraag wordt geïnventariseerd of de LiDAR techniek gebruikt wordt door de deelnemers. Er zijn wel een aantal deelnemers die overwogen hebben om de techniek te gebruiken maar hadden destijds niet het idee dat de LiDAR techniek accuraat genoeg was om traditionele methodes te vervangen. Ook werd benoemd is dat het in combinatie met andere technieken en datasets versterkend kan werken en niet gezien dient te worden als vervangende techniek voor bestaande methodes.

Vervolgens ging de discussie over de mogelijkheid om LiDAR in de toekomst toe te passen bij het monitoren van dijken. Dit hangt af van de kosten en baten van de techniek. Dit is afhankelijk van het gebruik en de baten zijn lastig te definiëren. Het wordt wel interessant bevonden om de techniek toe te passen. Dit zou dan starten in een pilotvorm en dient goed bepaald te worden hoe waar en wanneer dit gedaan dient te worden. Ter discussie komt ook het gebruik van insar in plaats van LiDAR: wanneer je welke techniek toe gaat passen. Dit hangt heel erg af van de dijk aangezien insar een hard oppervlak nodig heeft. Een mogelijkheid is om beide datasets te combineren om zo een accuratere meting te krijgen.