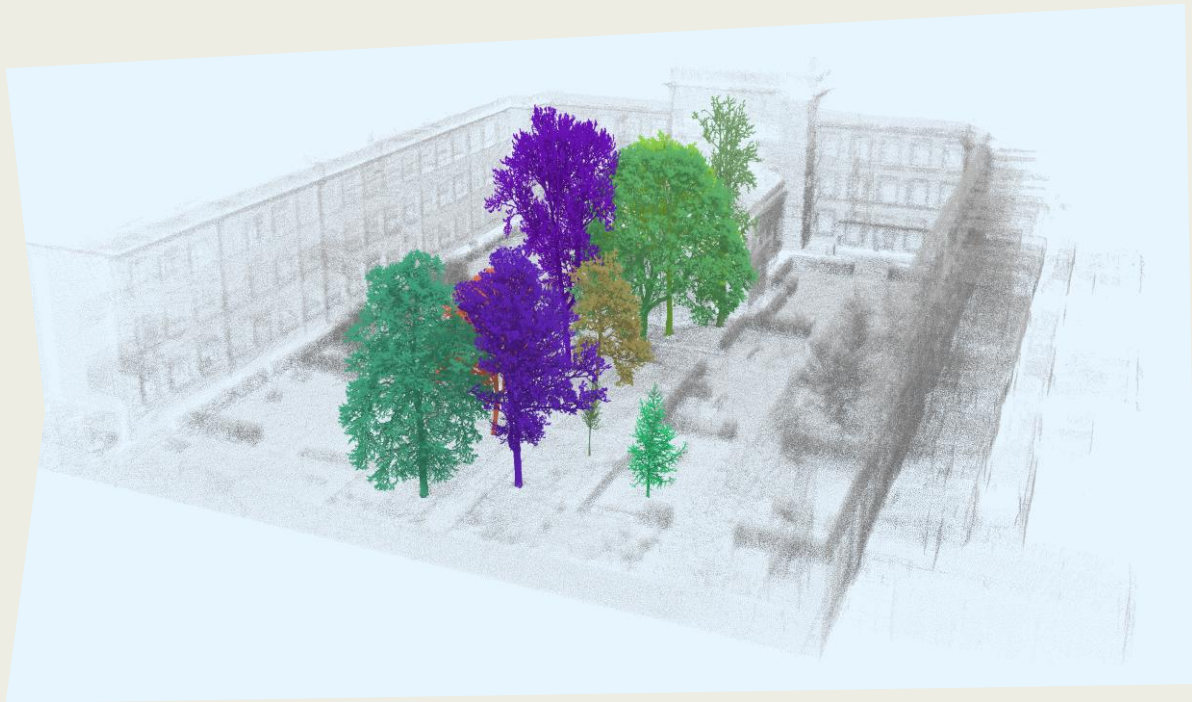


LIDAR IN GENT: HOE GEAVANCEERDE TECHNIEKEN (STADS)BOMEN BETER IN KAART BRENGEN

16 JANUARI 2026 door Barbara D'hont



HET BELANG VAN BOMEN IN DE STAD

Stadsbomen spelen een cruciale rol in onze stedelijke omgeving. Ze verlagen de temperatuur als het warm is (Rahman et al., 2020), slaan koolstof op (Nowak & Crane, 2002), verlagen de concentratie fijn stof (Nowak et al., 2006), verminderen het afstromen van regenwater (Armson et al., 2013), en verhogen de biodiversiteit (Threlfall et al., 2017). Ze vervullen daarnaast ook een grote culturele en esthetische rol (Hu et al., 2022). Nadelig is dat stadsbomen biogene vluchtige organische componenten (BVOCs) uitstoten (Calfapietra et al., 2013). BVOCs van bomen zijn op zich niet schadelijk, maar in stedelijke gebieden met veel luchtvervuiling kunnen ze bijdragen aan de vorming van ozon en fijnstof, wat de luchtkwaliteit en gezondheid negatief beïnvloedt. Veel van de voordelen en nadelen van de stadsbomen hangen af van de grootte van deze bomen: bomen met kleinere kronen kunnen minder schaduw voorzien en minder koolstof opnemen. Om de voordelen van bomen goed in kaart te kunnen brengen en te maximaliseren, is het dus belangrijk gedetailleerde en nauwkeurige informatie over deze bomen te hebben.

BOMEN INVENTARISEREN

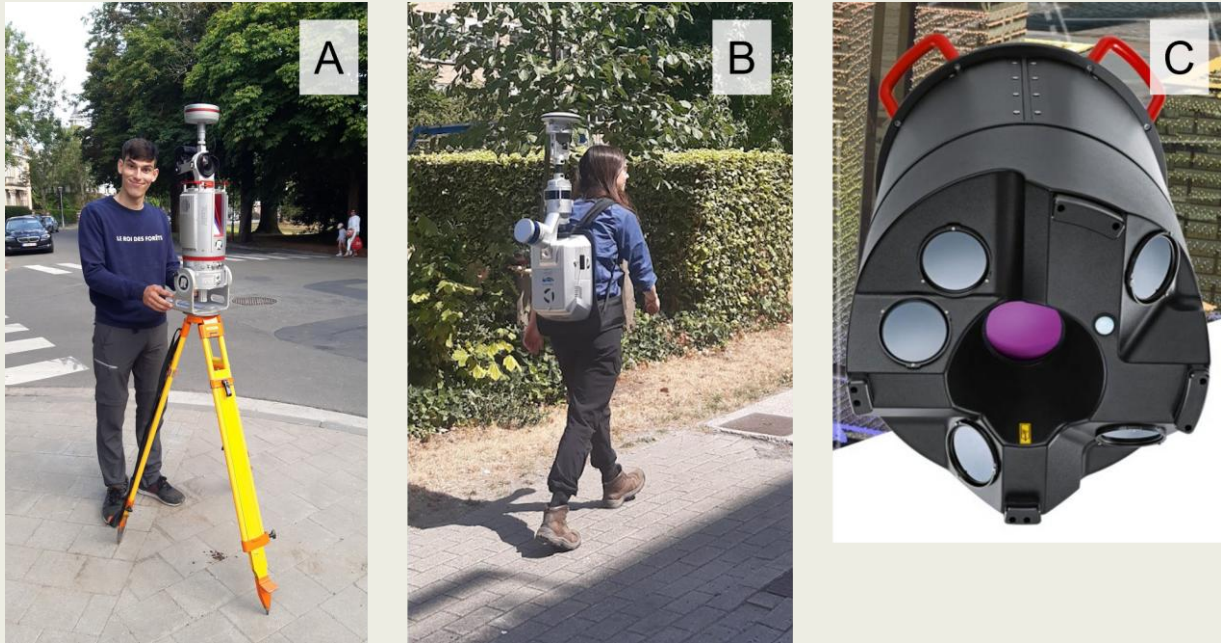
Tegenwoordig zijn er verschillende manieren om de structuur van bomen te meten. In deze tekst focussen we op de stamdiameter, de boomhoogte en de kroondimensies. Traditioneel wordt de diameter van bomen handmatig met een meetlint opgemeten, de hoogte en kroondiameter met een inclinometer. Daarnaast kunnen luchtfoto's of satellietbeelden een idee geven van de kroon-projectie van bomen. Alternatief kunnen we ook de bomen opmeten in 3 dimensies (3D), als we gebruik maken van LiDAR technologie (Light Detection And Ranging). LiDAR gebruikt laserpulsen om de afstand tot objecten te meten, waarmee nauwkeurige 3D-beelden van bomen en hun omgeving worden gemaakt in de vorm van puntenwolken (Figuur 1). Voordelen van deze technologie zijn dat de metingen niet vertekend zijn door menselijke inschattingen en 3D-expliciet zijn. Uit de puntenwolken kan heel veel informatie gehaald worden. De volledige omgeving kan in 3D gemodelleerd worden, wat onmogelijk is met enkel handmatige metingen. De kwaliteit van de meetgegevens hangt af van het LiDAR-platform. De nauwkeurigheid van de metingen verschilt, en er kan 'occlusie' optreden. Bij occlusie worden sommige delen van de boom niet goed gedetecteerd omdat ze geblokkeerd worden door ander materiaal. Zo kunnen bepaalde delen van de kroon of de achterkant van de stam niet goed worden gemeten omdat ze afgeschermd zijn door bladeren, takken of andere objecten. Dit hangt af van het platform.



Figuur 1: Voorbeeld van een puntenwolk van de Stille Reus, wereldboom in Gentbrugge. Op de blog van de Bosrevue kan je dit terugvinden als interactief 3D-model.

In deze studie, uitgevoerd in Gent, werden drie LiDAR-platformen vergeleken: terrestrische laser-scanning (TLS), mobiele laser-scanning (MLS) en laser-scanning vanuit de lucht (airborne, ALS) (Figuur 2). Bij terrestrische laserscanning wordt LiDAR-data verzameld vanop een statief met drie poten, waarbij na elke scan het statief verplaatst wordt en de data van de verschillende locaties later samengevoegd wordt. Doordat data stilstaand wordt verzameld, resulteert terrestrische laserscanning in de meest precieze puntenwolken. Bij mobiele laserscanning wordt data ook vanop de

grond gemeten, maar hierbij beweegt de scanner tijdens de data-opname (omdat de scanner geïnstalleerd is op een auto, wordt vastgehouden of in een rugzak zit verwerkt). Hierbij kan sneller data verzameld worden, maar de puntenwolken hebben iets meer ruis. Bij laserscanning vanuit de lucht wordt de data verzameld vanuit een vliegtuig (of een drone – dan heet de techniek meer specifiek drone-LS), waarbij op grote schaal dataverzameling mogelijk is, met een lagere resolutie.



Figuur 2: Laserscanners gebruikt om data te verzamelen: A) RIEGL vz-400i voor terrestrische laserscanning, B) LiBackpack dgc50 voor mobiele laserscanning, C) Leica Citymapper voor laserscanning vanuit de lucht (credit foto: Leica Geosystems)

Hoewel de drie platformen dezelfde technologie gebruiken, verschillen ze in gebruiksgemak en datakwaliteit. In welke mate de verschillende platformen effect hebben op de datakwaliteit en hoe evident het was om data te verzamelen en verwerken wisten we niet – dus gingen we op onderzoek uit.

WAT WERD ONDERZOCHT?

In Gent analyseerden we 95 stadsbomen, variërend van dicht opeengepakte straatbomen tot bomen in stadsparken. Zo konden we bomen van verschillende groottes en uiteenlopende stedelijke omgevingen bestuderen (Figuur 3, Figuur 4). We onderzochten hoe goed terrestrische, mobiele en lucht-laserscanning in staat zijn om belangrijke structurele boomkenmerken te meten, zoals:

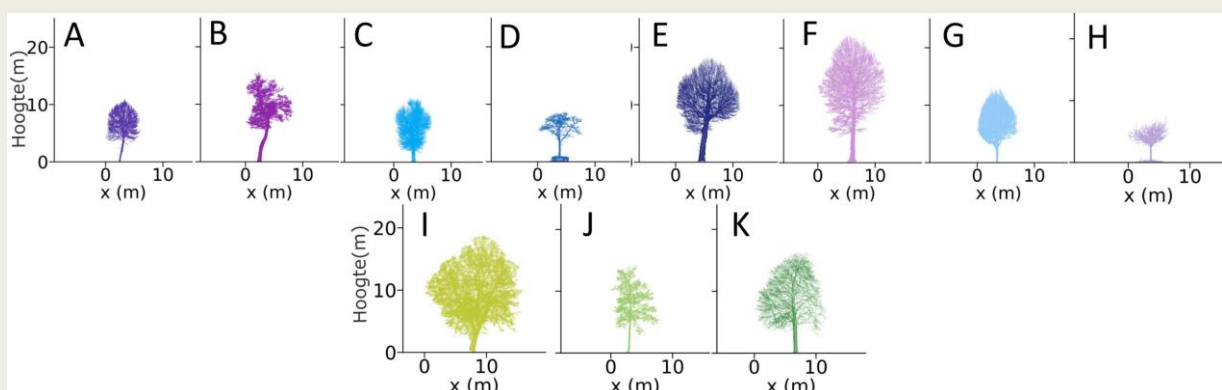
- Diameter op borsthoogte
- Boomhoogte
- Kroonprojectieoppervlak
- Kroonvolume

De terrestrische en mobiele scan-data werden verzameld in zowel de zomer wanneer er bladeren aan de bomen hingen, als in de winter wanneer de bomen kaal waren, om een realistische weergave te krijgen van wat boombeheerders in de praktijk

tegenkomen. De terrestrische en mobiele scandata werden verzameld in 2021-2022, terwijl de scans vanuit de lucht dateerden van zomer 2019. We gebruikten de terrestrische scan-data als maatstaf om de andere data mee te vergelijken, omdat terrestrische laserscanning de hoogste datakwaliteit levert – er is momenteel geen andere techniek die de structuur van bomen beter kan opmeten.



Figuur 3: Overzicht van diameter op borsthoogte (DBH), hoogte en de kroonprojectie (KP) per boom, berekend op basis van terrestrische laserscandata verzameld tijdens de winter. De stippen vertegenwoordigen individuele bomen en zijn kleur gecodeerd per locatie.



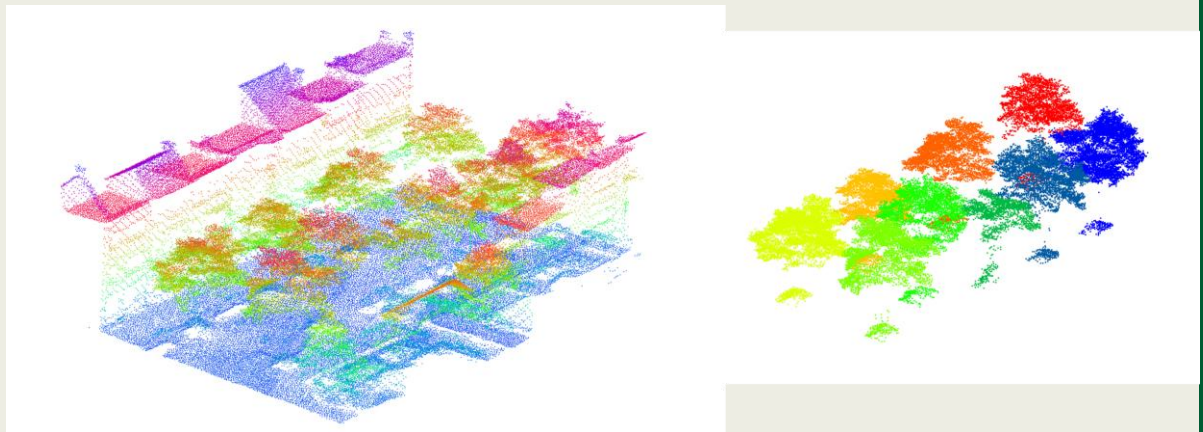
Figuur 4: Figuren A tot H laten typische straatbomen zien die representatief zijn voor de bomen op elke locatie. Figuren I tot K tonen bomen uit diverse stadsparken, maar zijn niet representatief voor de hele locatie omdat de bomen hier vaak meer variabel zijn in structuur. x (m) staat voor meter. A: Koningin Astridlaan, B: St-Machariuskerk, C: Coupure Rechts, D: Vrijheidslaan, E: Albert Baertsoenkaai, F: Parklaan, G: Fleurusstraat, H: Jozef Kluyskensstraat, I: Lindenlei, J: Garden UGent, L: Paul de Smet de Naeyerplein.

BOX: HOE SEGMENTEREN WE BOMEN UIT EEN PUNTENWOLK?

LiDAR-scanners kunnen een enorme hoeveelheid 3D-punten vastleggen die samen een gedetailleerd beeld van een landschap vormen. Dit heet een puntenwolk. Maar om deze data nuttig te maken, moeten we specifieke objecten – zoals bomen – eruit halen.

Segmentatie betekent het scheiden van individuele bomen in zo'n puntenwolk. Dit kan steeds beter met automatische algoritmes, maar wij kozen ervoor om dit manueel te doen. Door visueel naar de punten te kijken en per boom een selectie te maken, konden we nauwkeurig werken, zelfs in complexe situaties waar automatische methodes moeite mee hebben, zoals in dicht beboste gebieden of als bomen dicht bij elkaar staan.

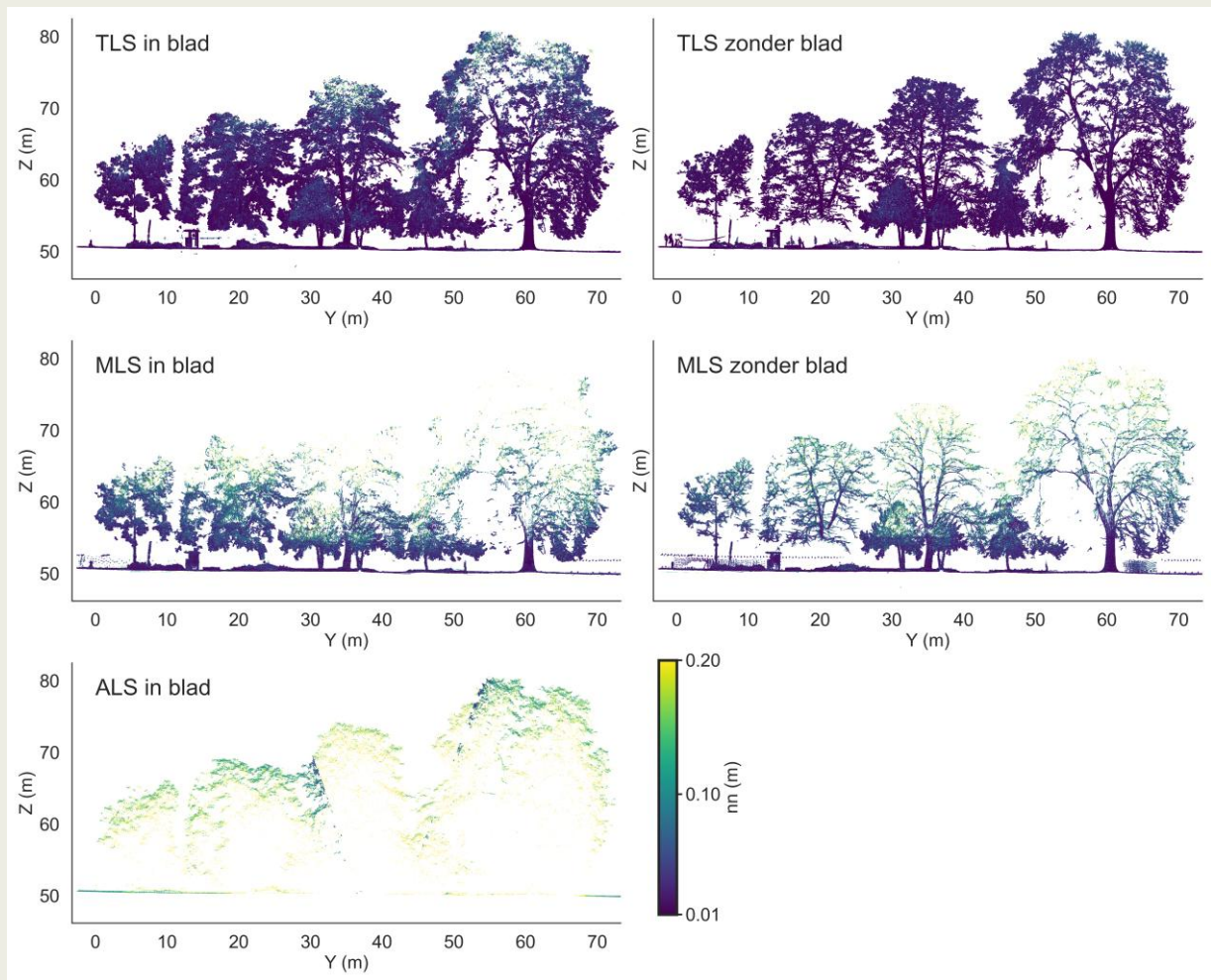
Deze aanpak kost tijd, maar levert een betrouwbare dataset op die we kunnen gebruiken voor verdere analyse, bijvoorbeeld om de hoogte en vorm van bomen te bestuderen.



Links: een puntenwolk (lucht-laserscans). rechts: de bomen in de puntenwolk werden manueel gesegmenteerd uit de volledige puntenwolk.

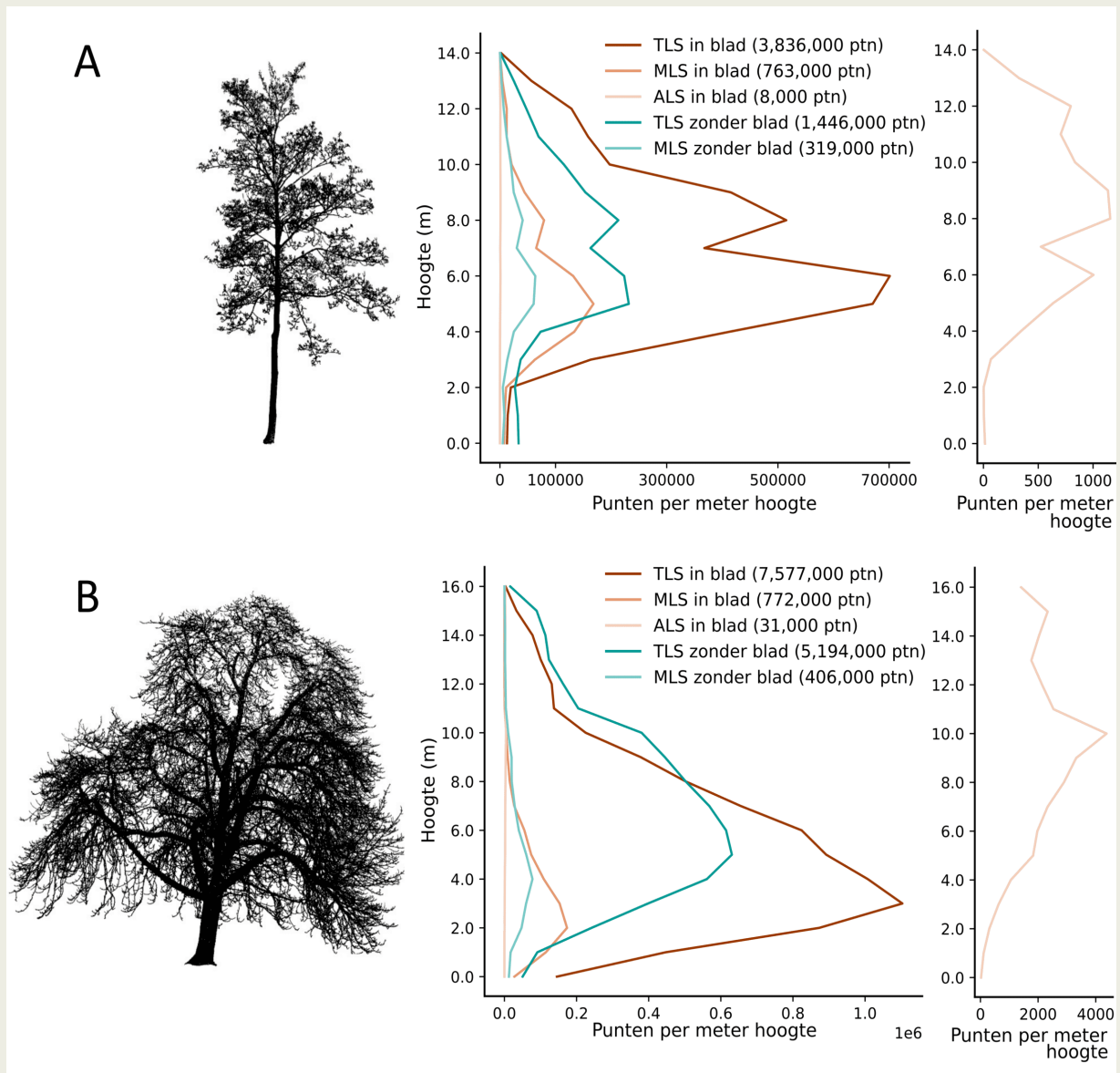
BEVINDINGEN

Visualiseren van de data levert vaak al waardevolle inzichten. We konden onmiddellijk zien dat de scans vanuit de lucht beduidend minder punten, en dus minder informatie, bevatten dan de twee andere technieken. We zagen in het Lindenleipark (Figuur 5) dat scans vanuit de lucht voornamelijk de bovenkant en zijkanten van de kroon konden vastleggen, maar dat het onmogelijk was om de interne takstructuur of de stamdiameter hiermee te achterhalen. Mobiele en terrestrische laserscanning gaven daarentegen, wanneer de bomen bladloos waren, een gedetailleerd beeld van de takstructuur en algemene boomvorm. Wanneer de bomen bladeren hadden, bleek mobiele laserscanning minder effectief, omdat de scanner moeite had om door het dichte bladerdek heen te dringen.



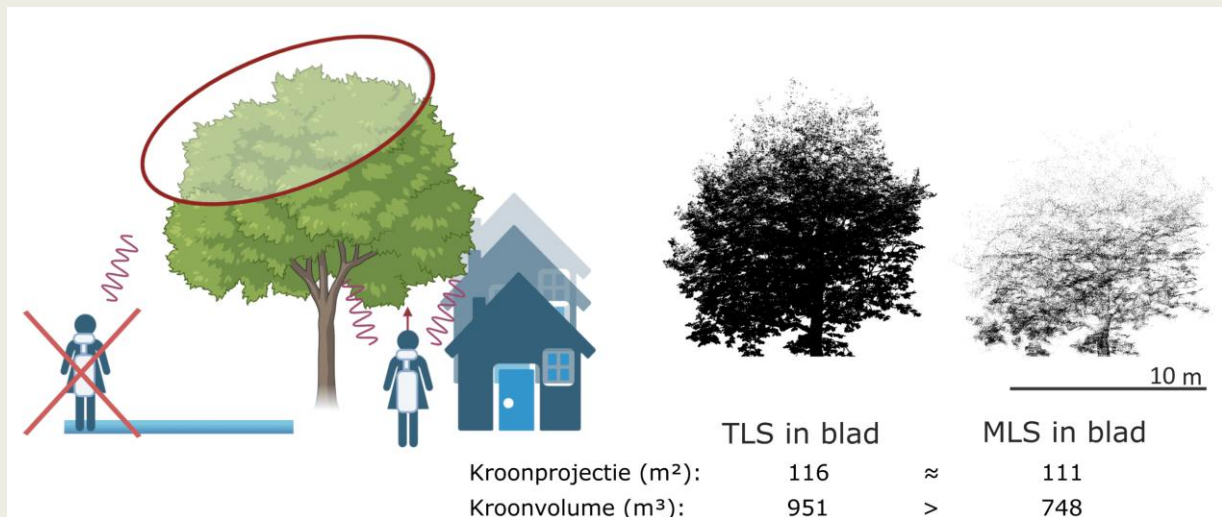
Figuur 5: Doorsnede van de puntenwolken van het Lindenleipark, verzameld met terrestrische (TLS), mobiele (MLS) of lucht-laserscanning (ALS) in de zomer (in blad) of winter (zonder blad). De punten zijn ingekleurd volgens de gemiddelde afstand tussen een punt en zijn vier dichtste burens. Op de blog van de Bosrevue kan je dit terugvinden als interactief 3D-model.

Niet bij elke boom waren dezelfde kwaliteitsverschillen zichtbaar. De kwaliteit van de puntenwolk hangt namelijk sterk samen met de boomstructuur. Bij een boom met een complexe structuur is de kwaliteit van de scan vaak minder goed. Voor een vrijstaande boom met een kleine kroon (boom A in Figuur 6) geven de drie LiDAR-platformen een vergelijkbare puntenverdeling over de hoogte van de boom. Voor een boom met een complexe structuur en brede kroon (boom B in Figuur 6) zien we occlusie in de data van de scan. Bij ALS zijn er meer punten hoog in de boom (boven 8 m), bij TLS en MLS zijn er meer punten onderaan de boom (onder de 8 m). In de zomer (met bladeren) toont MLS heel duidelijk meer punten onderaan in de boom (onder de 4 m). De laserpulsen geraken niet hoger door het bladerdek.



Figuur 6: Verticale distributie van de punten in de puntenwolken voor twee bomen in de dataset, gemeten met terrestrische (TLS), mobiele (MLS) of lucht-laserscanning (ALS). Bomen A en B zijn ongeveer even hoog, maar hebben een verschillende boomstructuur. Boom A heeft een relatieve kleine kroon en staat in een open gebied, terwijl boom B een dense en wijdere kroon heeft in een stadspark. Dit heeft een effect op de kwaliteit van de puntenwolken: het merendeel van de punten van terrestrische en mobiele scans bevinden zich aan de onderkant van de kroon bij boom B, terwijl de punten meer gelijkmatig verdeeld zijn bij boom A.

Niet alleen de complexiteit van de boomstructuur, maar ook de complexiteit van de omgeving speelt een rol. De Albert Baertsoenkaai grenst aan de ene kant aan de Leie, aan de andere kant is er bebouwing; er kon enkel data verzameld worden onder de boom (Figuur 7). LiDAR-scanners, en voornamelijk de mobiele scanner, hadden moeite om door het dense bladerdek te geraken, wat resulteerde in occlusie van de top van de boom.



Figuur 7: Schematische voorstelling van de platanen aan de Albert Baertsoenkaai en een van de platanen gescand met terrestrische (TLS) en mobiele (MLS) laserscanning in de zomer (in blad). Omdat de bovenkant van de kroon sterk wordt afgeschermd door de bladeren, konden de bomen vanaf de grond niet volledig worden ingescand. De mobiele scans waren van de laagste kwaliteit: het kroonvolume werd met 20% onderschat, terwijl de kroonprojectie slechts 4% kleiner was in vergelijking met de terrestrische scans (gecreëerd door Biorender).

De vraag is natuurlijk hoeveel effect de datakwaliteit heeft op metingen van boomhoogtes, kroonprojecties en kroonvolumes. Deze structurele boomkenmerken worden bijgehouden in een boominventaris en zijn bijvoorbeeld nodig om ecosysteemdiensten in te schatten. In het geval van de Albert Baertsoenkaai, leidde de occlusie bijvoorbeeld tot een onderschatting van het kroonvolume met mobiele laserscanning.

We hebben voor de 95 bomen in dit onderzoek de structurele dimensies bepaald per platform en per seizoen, en hebben deze vergeleken met de maatstaf (de meting met terrestrische laserscanning).

BESPREKING STRUCTURELE BOOMKENMERKEN

- **Stamdiameter:** Zowel met terrestrische laserscanning en met mobiele laserscanning konden we nauwkeurig de stamdiameter meten: er is een gemiddelde afwijking tussen de platformen van 1 tot 2 cm. De puntenwolk van de mobiele scanner bevatte wel meer ruis dan de terrestrische scanner. Door klimop op de stam of struikgewas voor de stam kon soms de diameter niet accuraat bepaald worden, en dit kwam meer voor in de zomer. Bij laserscanning vanuit de lucht is het bepalen van de stamdiameter onmogelijk.
- **Hoogte:** In het algemeen werd de hoogte goed ingeschat gebruik makende van de verschillende LiDAR-platformen. De hoogtes berekend met de mobiele laserscans waren gemiddeld 21 cm lager in de winter en 38 cm lager in de zomer. Soms was het namelijk niet mogelijk om de boom volledig te scannen met mobiele laserscanning en werd de boomhoogte onderschat, bv. in de stadsparken en bij de grote gekandelaberde platanen. Dit kwam het meest voor in de zomer. De hoogte via laserscanning vanuit de lucht was gemiddeld 41 cm lager dan de maatstaf, maar omdat de data van bovenaf verzameld is gaan we ervan uit dat de toppen van de bomen toch goed zijn gescand. Dit wil zeggen dat het hoogteverschil hoogstwaarschijnlijk ligt aan het tijdsverschil van 2 jaar tussen de dataverzameling.
- **Kroonprojectie:** De kroonprojecties berekend door mobiele en terrestrische laserscanning waren gelijkaardig. De kroonprojectie werd niet beïnvloed door problemen met zichtbaarheid omdat deze problemen zich voornamelijk in de top van de boom voordoen. Wel zijn de kroonprojecties berekend uit de mobiele scans gemiddeld iets groter dan de terrestrische scans (0,5 m² groter in de zomer, 1,4 m² in de winter) doordat de puntenwolk meer ruis bevat. Bij de scans vanuit de lucht was de kroonprojectie lager, wat kan duiden op een onderschatting, maar dit kan ook (deels) liggen aan het tijdsverschil van 2 jaar tussen de scans.
- **Kroonvolume:** De kroonvolumes berekend vanuit de mobiele laserscans waren 0,6 % (in blad) en 4,5 % (zonder blad) lager dan de kroonvolumes berekend met de corresponderende terrestrische laserscans, doordat de top van de kroon minder zichtbaar was voor mobiele laserscanning. Er is opnieuw een onderschatting bij de laserscans vanuit de lucht. Dit is waarschijnlijk door een combinatie van het tijdsverschil van 2 jaar tussen de scans en de lagere zichtbaarheid van de onderkant van de boomkroon bij laserscanning vanuit de lucht.

Tabel 1: De gemiddelde afwijking per structureel boomkenmerk. (*) De ALS data is 2 jaar ouder dan de TLS en MLS data waardoor uit deze metingen niet de performantie van de LiDARplatformen kan gehaald worden omdat de groei van de bomen hierin verweven zit.

boomdimensie	factor	vergelijking	Gem. afwijking
stamdiameter (m)	LiDAR	MLS – TLS (zomer)	-0,01
		MLS – TLS (winter)	-0,02
	seizoen	zomer – winter (TLS)	0,01
		zomer – winter (MLS)	0,01
hoogte (m)	LiDAR	ALS – TLS (zomer)	-0,41 *
		MLS – TLS (zomer)	-0,38
		MLS – TLS (winter)	-0,21
	seizoen	zomer – winter (TLS)	0,09
		zomer – winter (MLS)	-0,09
kroonprojectie (m²)	LiDAR	ALS – TLS (zomer)	-5,99 *
		MLS – TLS (zomer)	0,49
		MLS – TLS (winter)	1,41
	seizoen	zomer – winter (TLS)	8,55
		zomer – winter (MLS)	7,74
kroonvolume (m³)	LiDAR	ALS – TLS (zomer)	-165,28 *
		MLS – TLS (zomer)	-116,37
		MLS – TLS (winter)	-36,56
	seizoen	zomer – winter (TLS)	75,72
		zomer – winter (MLS)	-5,68

BESPREKING PLATFORMEN

- **Terrestrische laserscanning** is de maatstaf voor 3D opnames van bomen, omdat deze de meest precieze en gedetailleerde scans oplevert. Data verzameling is echter tijdrovend en arbeidsintensief. Zo nam het scannen van het de Smet de Naeyerplein in Gent, een park van vier hectare, een hele dag in beslag. Scanners van de nieuwe generatie scannen wel aan hogere frequenties wat de tijd voor dataverzameling inkort.
- **Mobiele laserscanning** presteerde goed bij het bepalen van stamdiameter, maar had moeite met het in kaart brengen van kronen in de zomer door de beperkte zichtbaarheid van de top van de kroon (occlusie). Specifiek voor heel grote bomen en bomen die minder toegankelijk zijn waardoor we op een suboptimale locatie moesten scannen, was dit effect zichtbaar. Met een mobiele laserscanner kun je wel beduidend sneller data verzamelen dan een terrestrische. Zo heb je met de mobiele scanner die wij gebruikten

(rugzakmodel) maar een uur nodig om een park zoals het Paul de Smet de Naeyerplein in te scannen.

- **Laserscanning vanuit de lucht** bood uitstekende dekking voor grote gebieden (de data werd verzameld over 7 dagen en bood volledige dekking van de gemeente Gent), maar de precisie voor individuele bomen was lager. Doordat de kronen van de bomen het zicht van de scanner onder de kroon deels blokkeerden, kon geen stamdiameter uit de data gehaald worden. Andere metingen (boomhoogte, kroonoppervlakte en -volume) waren wel mogelijk. Omdat de scans vanuit de lucht verzameld waren in 2019, en de andere data in 2020-2021, konden we de scans vanuit de lucht en vanop de grond moeilijk vergelijken.

LIMITATIES STUDIE

In deze studie werden de puntenwolken manueel gesegmenteerd, zodat we data van optimale kwaliteit konden vergelijken. In de praktijk worden vaak automatische segmentatie-algoritmes gebruikt. De kwaliteit van de bekomen boomdimensies hangt af van de segmentatie. We vergeleken in dit onderzoek ook slechts één scanner per platform – andere toestellen hebben andere prestaties, maar in het algemeen hebben deze scanners wel gelijkaardige outputs.

WAT BETEKENT DIT VOOR STEDELIJK BOOMBEHEER?

Deze studie toont aan dat er niet één perfect LiDAR-platform is. De keuze van het platform hangt af van de doelen van het boombeheer of van de ecosysteemdienst die gekwantificeerd wordt, en welke structurele boomkenmerken daarvoor gemeten moeten worden. Wanneer informatie over de stamdiameter nodig is van de bomen, is mobiele of terrestrische laserscanning een goede keuze of worden er best handmatig metingen gedaan. Als enkel informatie over de boomhoogte en boomkroon nodig is, kan ook laserscanning vanuit de lucht een goede optie zijn.

Afhankelijk van de complexiteit van de site – zoals parken of bosrijke gebieden – kan het interessant zijn om laserscanning vanuit de lucht aan te vullen met mobiele of terrestrische laserscans. Dankzij het complementaire perspectief van deze verschillende platformen kan occlusie worden beperkt, wat de kwaliteit van de puntenwolk aanzienlijk ten goede komt. Bovendien kan extra informatie over de stam bijdragen aan een betere segmentatie van de puntenwolk – hoewel dit in dit onderzoek niet werd onderzocht, is dit in het algemeen wel relevant. Door deze platformen slim te combineren, kunnen steden efficiënt bomen monitoren. Dit biedt niet alleen voordelen voor boombeheerders, maar ook voor inwoners die genieten van groene, gezonde steden.

Over de auteur

Barbara D'hont is een doctoraatstudent onder begeleiding van prof. Hans Verbeeck en prof. Kim Calders in Q-ForestLab. Q-ForestLab is een onderzoeksgroep binnen de faculteit Bio-ingenieurswetenschappen aan de Universiteit Gent. Het lab bestudeert de dynamiek, biogeochemie en waterkringloop van terrestrische ecosystemen, met een sterke focus op bosccosystemen. Ze maken gebruik van methodes zoals remote sensing, vegetatiemodellering, 3D-laserscanning en veldobservaties om inzicht te krijgen in ecosysteemprocessen. Hun onderzoek bestrijkt diverse ecosystemen, waaronder tropische en gematigde bossen, drooggebieden, veengebieden en stedelijke omgevingen (q-forestlab.ugent.be).

Gelieve als volgt te citeren:

Barbara D'hont (2026) LiDAR in Gent: Hoe geavanceerde technieken (stads)bomen beter in kaart brengen. *Bosrevue 122a*.

ISSN 2565-6953 – *Bosrevue 122a*

REFERENTIES

Calfapietra, C., Fares, S., Manes, F., Morani, A., Sgrigna, G., & Loreto, F. (2013). Role of Biogenic Volatile Organic Compounds (BVOC) emitted by urban trees on ozone concentration in cities: A review. *Environmental Pollution*, 183, 71–80. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2013.03.012>

Nowak, D. J., & Crane, D. E. (2002). Carbon storage and sequestration by urban trees in the USA. *Environmental Pollution*, 116(3), 381–389. [https://doi.org/10.1016/S0269-7491\(01\)00214-7](https://doi.org/10.1016/S0269-7491(01)00214-7)

Nowak, D. J., Crane, D. E., & Stevens, J. C. (2006). Air pollution removal by urban trees and shrubs in the United States. *Urban Forestry & Urban Greening*, 4(3), 115–123. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2006.01.007>

Rahman, M. A., Stratopoulos, L. M. F., Moser-Reischl, A., Zölch, T., Häberle, K.-H., Rötzer, T., Pretzsch, H., & Pauleit, S. (2020). Traits of trees for cooling urban heat islands: A meta-analysis. *Building and Environment*, 170, 106606. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2019.106606>

Threlfall, C. G., Mata, L., Mackie, J. A., Hahs, A. K., Stork, N. E., Williams, N. S. G., & Livesley, S. J. (2017). Increasing biodiversity in urban green spaces through simple vegetation interventions. *Journal of Applied Ecology*, 54(6), 1874–1883. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12876>