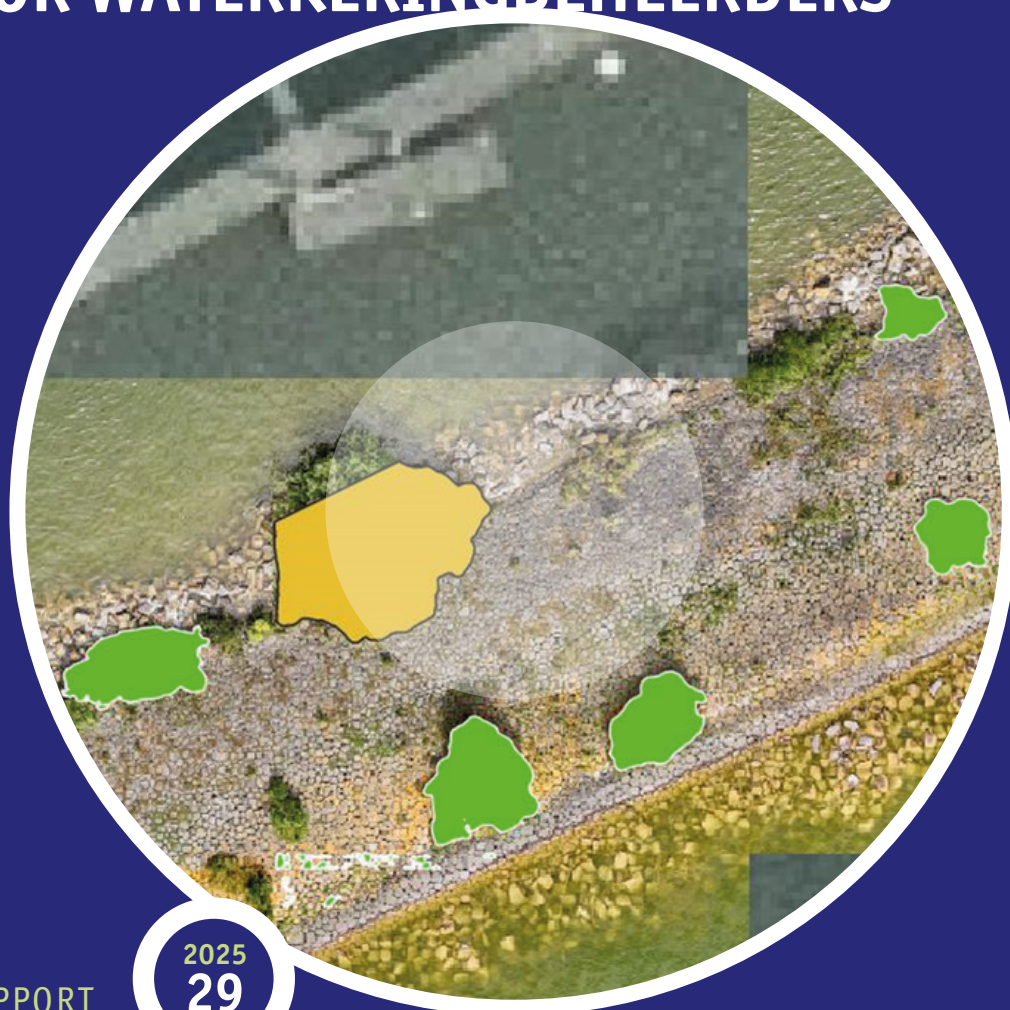


AI-TOOLBOX WATERKERINGEN

EFFICIËNT SCHADEBEELDHERKENNING VOOR WATERKERINGBEHEERDERS



RAPPORT

2025
29

RAPPORT

AI-TOOLBOX WATERKERINGEN

EFFICIËNT SCHADEBEELDHERKENNING VOOR WATERKERINGBEHEERDERS

2025

29

ISBN 978.94.6479.097.9



COLOFON

UITGAVE Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer
Postbus 2180
3800 CD Amersfoort

AUTEURS Joost Stenfert (HKV)
Guy Dupuits (HKV)

BEGELEIDINGSCOMMISSIE
Wouter Mugge (STOWA / Infram)
Oscar van Dam (STOWA)

VORMGEVING Buro Vormvast
STOWA STOWA 2025-29
ISBN 978.94.6479.097.9

De inhoud van deze uitgave is met de grootst mogelijke zorg samengesteld. Niettemin aanvaarden de auteurs en de uitgever geen enkele aansprakelijkheid voor mogelijke onjuistheden in de publicatie, of eventuele gevolgen door toepassing van de inhoud ervan.

STOWA spant zich in de rechthebbenden van in de uitgave gebruikte afbeeldingen te respecteren conform het auteursrecht. Indien u desondanks van mening bent dat uw rechten in het geding zijn, dan verzoeken wij u contact met ons op te nemen.

SAMENVATTING

De AI-toolbox Waterkeringen is een open-source platform dat waterkering beheerders helpt bij het automatisch herkennen van schade aan dijken via dronebeelden. In de AI-toolbox zitten op dit moment 2 herkenningmethoden: scheur- en opschotdetectie. Het resultaat van de AI-toolbox is bedoeld voor waterkeringbeheerders. Voor de operationele werking van de AI-toolbox zijn (gis)dataspecialisten nodig.

De toolbox zet dronebeelden om in bruikbare data voor assetmanagement. Resultaten zijn beschikbaar als afbeeldingen of GIS-bestanden.

In de toekomst zullen mogelijk nieuwe algoritmes voor o.a. afkalving en grasbeoordeling worden ontwikkeld.

SCHEURDETECTIE:

Werkt het best met scherpe, schaduwvrije beelden. Gras moet kort zijn. Resultaten moeten door experts worden gevalideerd.

OPSCHOTDETECTIE:

Herkent ongewenste begroeiing zoals struiken en bomen. Ook hier is validatie nodig.

STOWA IN HET KORT

HOE WE WERKEN

STOWA is het kennis- en innovatiecentrum voor regionale waterbeheerders in Nederland; de waterschappen en provincies. We helpen ze met het verkrijgen van nieuwe kennis en inzichten die nodig zijn om de opgaven van de regionale waterbeheerders beter te kunnen uitvoeren. Dat doen we door kennisvragen te formuleren en te selecteren in programmacommissies. We zetten ons onderzoek uit bij een keur aan experts, adviesbureaus, instituten en universiteiten, die we begeleiden tijdens hun werk. We zorgen voor de beschikbaarstelling en verspreiding van de kennis, inzichten en antwoorden aan de gezamenlijke waterbeheerders. We stimuleren de uitwisseling van kennis en ervaringen, via bijeenkomsten, werkgroepen, excursies, conferenties en communities of practice. We werken samen met onder andere ministeries, Rijkswaterstaat, gemeenten, drinkwaterbedrijven.

WAT WE ONDERZOEKEN

Inhoudelijk richt STOWA zich op alle onderdelen van waterbeheer, van waterkering en stedelijk waterbeheer tot waterzuivering en watersystemen. Belangrijke thema's daarbij zijn klimaatadaptatie, waterveiligheid, waterkwaliteit en ecologie, energietransitie en circulaire economie.

De kennisvragen die STOWA beantwoordt liggen meestal op technisch, natuurwetenschappelijk, bestuurlijk-juridisch of sociaalwetenschappelijk gebied. Onze kennis is altijd gericht op de praktijk van regionale waterbeheerders. Dat is waar we voor staan, als Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer.

WIE WE ZIJN

STOWA is als kennisorganisatie onafhankelijk, onpartijdig en transparant. De afnemers van onze kennis moeten erop kunnen vertrouwen dat de inhoud van onze rapporten objectief en representatief is. Alleen zo kan onze kennis worden ingezet voor beter waterbeheer en innovaties die antwoord geven op de uitdagingen van vandaag en morgen. Het is aan regionale waterbeheerders zelf te bepalen hoe ze de kennis van STOWA in de praktijk gebruiken. STOWA kan daarbij een rol spelen als adviseur, maar is geen uitvoerder of regisseur.

STOWA is een stichting die de richtlijnen volgt voor organisaties zonder winstoogmerk (RJ-640). In ons jaarverslag is daarom naast de cijfermatige jaarrekening onder meer ook een directieverslag over de stichting, haar activiteiten en kentallen opgenomen.

AI-TOOLBOX WATERKERINGEN

EFFICIËNT SCHADEBEELDHERKENNING

VOOR WATERKERINGBEHEERDERS

INHOUD

	SAMENVATTING	
	STOWA IN HET KORT	
1	INLEIDING	1
1.1	Achtergrond	1
1.2	Doelgroep	1
1.3	Toegang AI-toolbox	1
2	WERKING EN RANDVOORWAARDEN	1
2.1	Van drone-beelden naar informatie	2
2.2	Scheurdetectie	2
2.3	Opschotdetectie	3
3	TOEKOMSTIGE ONTWIKKELINGEN EN SAMENWERKING	5
3.1	Ontwikkelingen	5
3.2	Contact en Meewerken	5
BIJLAGE 1	SCHEURDETECTIE	6
BIJLAGE 2	OPSCHOTDETECTIE	8

1

INLEIDING

1.1 ACHTERGROND

Beheerders van waterkeringen inspecteren jaarlijks duizenden kilometers aan dijken en andere waterkeringen om de veiligheid te waarborgen. Een belangrijke uitdaging hierbij is het verkrijgen van inzicht in de actuele sterkte en conditie van deze waterkeringen, die waardevolle informatie bieden over de sterkte van de bekleding van de kering. Deze inspecties zijn echter arbeidsintensief, en het handmatig vastleggen en verwerken van schadebeelden kost veel tijd. Om deze uitdaging aan te pakken, is de AI-Toolbox Waterkeringen ontwikkeld, een open-source platform dat gebruik maakt van computer vision-algoritmes om drone-foto's en andere beelden efficiënt te vertalen naar waardevolle informatie over degradatie, schadebeelden en veranderingen in waterkeringen. Deze toolbox is een initiatief van het PIW-programma (STOWA & RWS WVL), Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier (HHNK) en HKV met als doel de watersector te ondersteunen door middel van gezamenlijke, open-source ontwikkeling.

1.2 DOELGROEP

De AI-Toolbox Waterkeringen is gericht op assetmanagers, keringbeheerders en dataspecialisten binnen waterschappen in Nederland. De toolbox bevat algoritmes voor schadebeeldherkenning, zoals scheurdetectie en opschotdetectie, met behulp van luchtfoto's van bijvoorbeeld drones of satellieten, die beheerders helpen bij het snel en efficiënt vastleggen van schadebeelden. Deze algoritmes vertalen de beelden naar waardevolle data die eenvoudig geïntegreerd kan worden in de assetmanagementsoftware van de beheerders.

1.3 TOEGANG AI-TOOLBOX

De algoritmes zijn beschikbaar via een GitHub-omgeving (een online platform waar ontwikkelaars code kunnen opslaan, delen en samenwerken aan softwareprojecten) en kunnen door waterschappen verder worden aangepast en verbeterd met eigen trainingsdata. Dit stelt beheerders in staat om elkaars algoritmes te verfijnen en aan te passen aan specifieke lokale situaties.

Meer informatie over de AI-toolbox op:

<https://aitoolboxwaterkeringen.nl/>

De algoritmes zijn te vinden op Github:

<https://github.com/AI-Toolbox-Waterkeringen/AI-toolbox-waterkeringen>

In de bijlagen zijn de 2 tools, scheur- en opschotdetectie, nader uitgewerkt.

2

WERKING EN RANDVOORWAARDEN

2.1 VAN DRONE-BEELDEN NAAR INFORMATIE

De algoritmes in de AI-toolbox vertalen beelden van de kering naar (afhankelijk van het gebruikte algoritme) informatie over degradatie, schadebeelden en veranderingen in waterkeringen. Deze informatie kan dan vervolgens in assetmanagementsoftware geladen worden, wat uiteindelijk handvatten biedt voor een handelingsperspectief (Figuur 1). In de paragrafen hieronder worden 2 voorbeelden van de AI-toolbox nader toegelicht.

Figuur 1 Workflow AI-toolbox

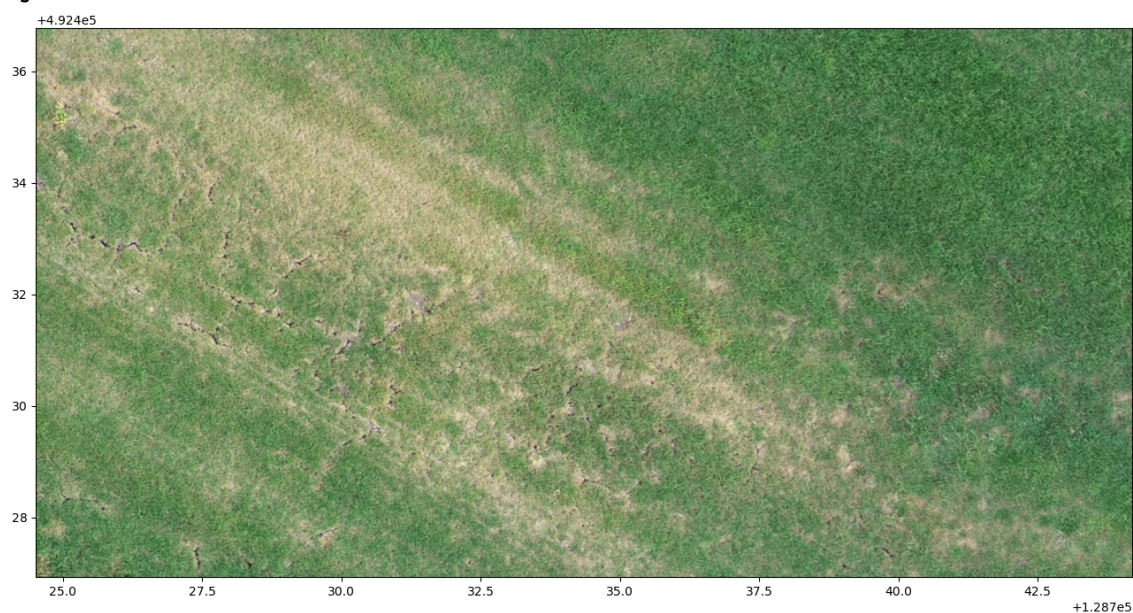


2.2 SCHEURDETECTIE

Voor het uitvoeren van scheurdetectie worden eerst dronefoto's genomen van het dijktraject waarin men inzicht wil verkrijgen. Dit kan zowel een aaneengesloten beeld zijn van het volledige traject, als losse beelden van specifieke locaties. Het algoritme werkt het beste met hoge resolutiebeelden waar zo min mogelijk schaduw te zien is. Denk hierbij bijvoorbeeld aan beelden met een grondresolutie van minder dan 1,5 centimeter die zijn ingevlogen met een drone. Optioneel, maar sterk aanbevolen, is het bijhouden van nauwkeurige GPS-gegevens bij deze beelden zodat schadebeelden exact gelokaliseerd kunnen worden en vergeleken worden met eerdere waarnemingen.

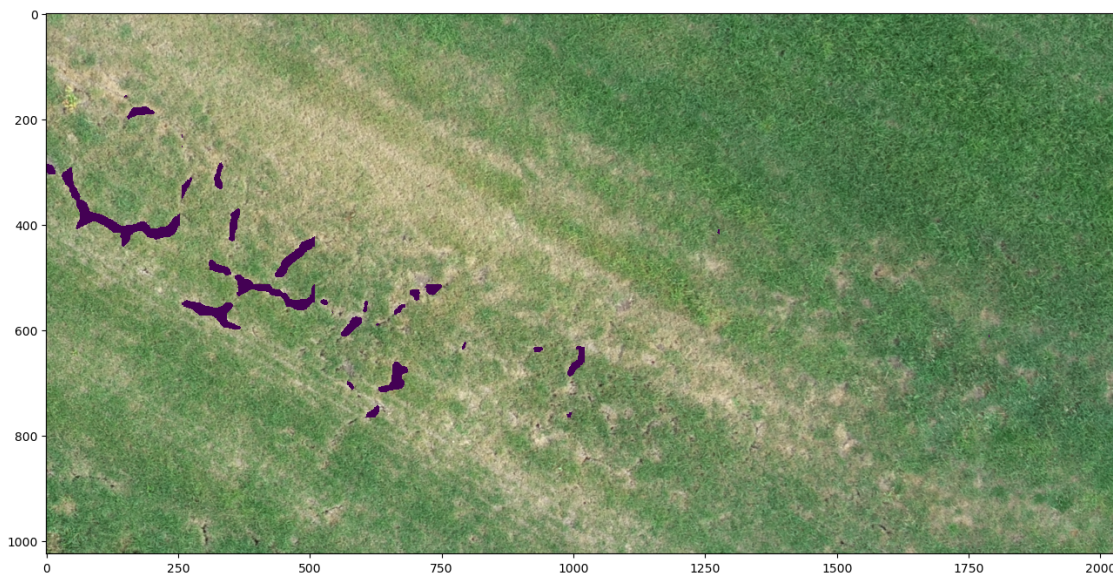
Om scheuren goed zichtbaar te maken, is het belangrijk dat het gras op de dijk niet te lang is, omdat dit de zichtbaarheid van scheuren kan belemmeren (Figuur 2).

Figuur 2 Voorbeeld van een dronefoto die bruikbaar is voor het detecteren van scheuren



Het scheurdetectie algoritme leest de verkregen luchtfoto's in, en voorspelt met behulp van gemarkeerde vlakken waar scheuren zijn gedetecteerd. De resultaten kunnen als .jpeg-bestand worden opgeslagen. Daarnaast kunnen de gemarkeerde vlakken ook als afzonderlijke .shape-files worden geëxporteerd en kunnen worden bekeken in elke GIS-software. Beheerders kunnen een geautomatiseerde pipeline opzetten om deze data verder te verwerken. Deze bestanden kunnen vervolgens worden toegevoegd aan het beheerregister of de kernregistratie van het waterschap, als extra ondersteuning voor de beheerorganisatie. Maar, het is belangrijk om te benadrukken dat de algoritmes nooit perfect zijn en dat de expertise van de beheerders nodig blijft om de resultaten te interpreteren en te valideren (Figuur 3).

Figuur 3 Resultaat van het algoritme: de scheuren zijn duidelijk (zichtbaar) ingekleurd

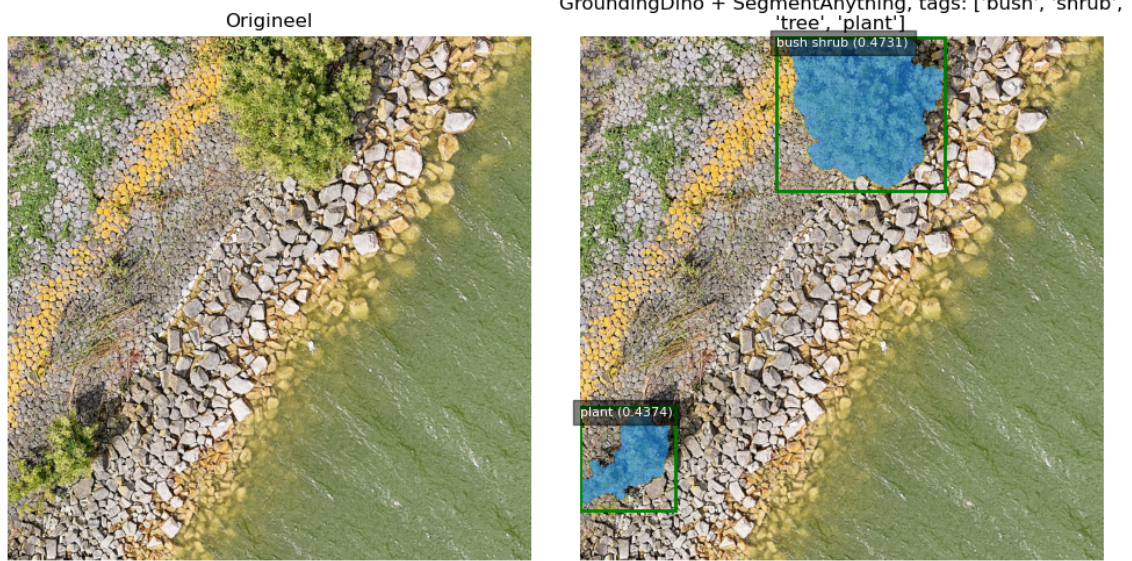


2.3 OPSCHOTDETECTIE

Ook voor het detecteren van opschot geldt dat eerst dronefoto's ingewonnen moeten worden. Het algoritme werkt het beste met hoge resolutiebeelden waar zo min mogelijk schaduw te zien is. Denk hierbij bijvoorbeeld aan beelden met een grondresolutie van minder dan 1,5 centimeter die zijn ingevlogen met een drone. Optioneel, maar sterk aanbevolen, is het bijhouden van nauwkeurige GPS-gegevens bij deze beelden zodat schadebeelden exact gelokaliseerd kunnen worden en vergeleken worden met eerdere waarnemingen.

Onderstaande afbeelding (Figuur 4) is een voorbeeld van het resultaat van het algoritme. Zo is te zien dat het algoritme de opschot duidelijk omlijnt en daarbij een indicatie geeft van het soort opschot (bos, struik, boom of plan). Ook deze resultaten kunnen als .JPEG-bestand of .shapefile-bestand worden geëxporteerd en kunnen worden bekeken in elke GIS-software. Beheerders kunnen een geautomatiseerde pipeline opzetten om deze data verder te verwerken. Deze bestanden kunnen vervolgens worden toegevoegd aan het beheerregister of de kernregistratie van het waterschap, als extra ondersteuning voor de beheerorganisatie. Maar, het is belangrijk om te benadrukken dat de algoritmes nooit perfect zijn en dat de expertise van de beheerders nodig blijft om de resultaten te interpreteren en te valideren.

Figuur 4 Links de originele dronefoto, rechts het resultaat van de detectie van opschot



3

TOEKOMSTIGE ONTWIKKELINGEN EN SAMENWERKING

3.1 ONTWIKKELINGEN

In 2025 worden verdere uitbreidingen en verbeteringen aan de AI-Toolbox verwacht. Nieuwe algoritmes worden ontwikkeld, zoals die voor het detecteren van afkalving en verzakking, en onderzocht wordt hoe een algoritme voor vlakdekkende beoordeling van grasbekleding volgens de WBI-systematiek (open, fragmentarisch, gesloten) kan worden ontwikkeld.

De ontwikkeling van de AI-Toolbox is een open proces, en we moedigen waterschappen en de data science-community aan om samen nieuwe algoritmes te ontwikkelen en bij te dragen aan de verdere verbeteringen van de toolbox.

3.2 CONTACT EN MEEWERKEN

Als je geïnteresseerd bent in het bijdragen aan de verdere ontwikkeling van de AI-Toolbox, toegang wilt krijgen tot trainingsdata, of algemene vragen hebt, neem dan contact op via aitoolboxwaterkeringen@hkv.nl of via stowa@stowa.nl.

Met de AI-Toolbox Waterkeringen zetten we samen een belangrijke stap naar meer efficiënt en risico-gestuurd beheer van onze waterkeringen, en we nodigen iedereen uit om actief mee te denken en bij te dragen aan deze open-source ontwikkeling.

BIJLAGE 1

SCHEURDETECTIE

SCHEURDETECTIE OP DROOGTEGEVOELIGE DIJKEN

1. Dit is een voorbeeldnotebook om met een Unet model droogtescheuren op droogtegevoelige dijken te detecteren. Het model is getraind op een verschillende dijken in het beheergebied van HHNK en Wetterskip Fryslan.

Stel de 'working directory' in

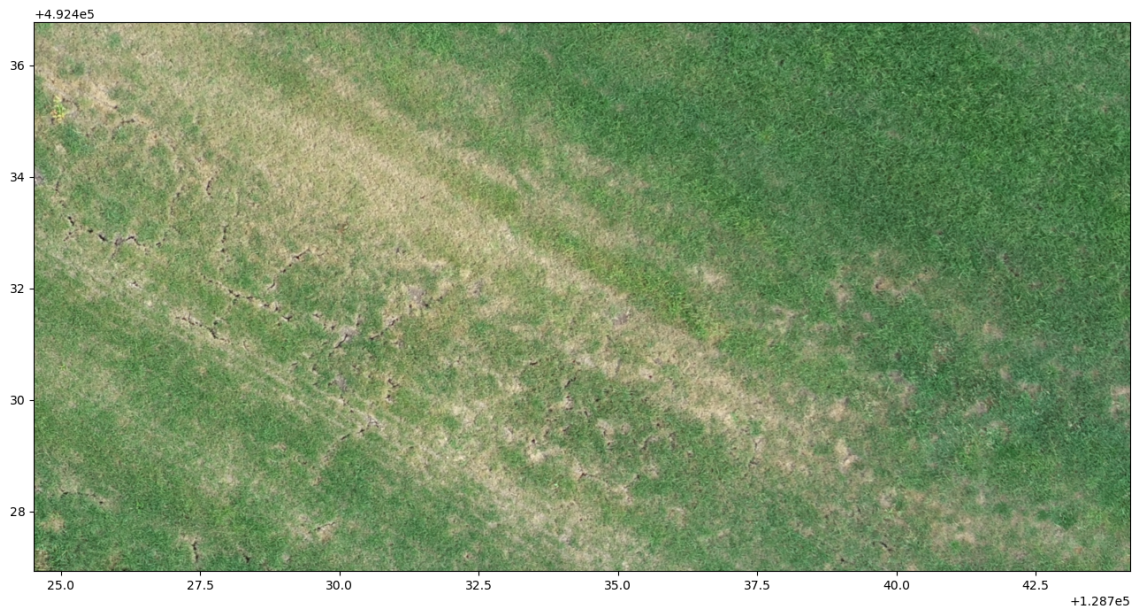
2. Dit instellen is zodat de relatieve paden tot de scripts en het model goed worden opgepakt door dit notebook.

[voorbeeld] d:\Jeroen\Projects\AI-toolbox-waterkeringen\scripts\scheur-detectie

Laad de benodigde imports voor dit notebook**Laad het getrainde model in de notebook**

3. Inclusief de tijdens trainen gebruikte 'custom functions' zodat het model geen foutmelding geeft tijdens het voorspellen.

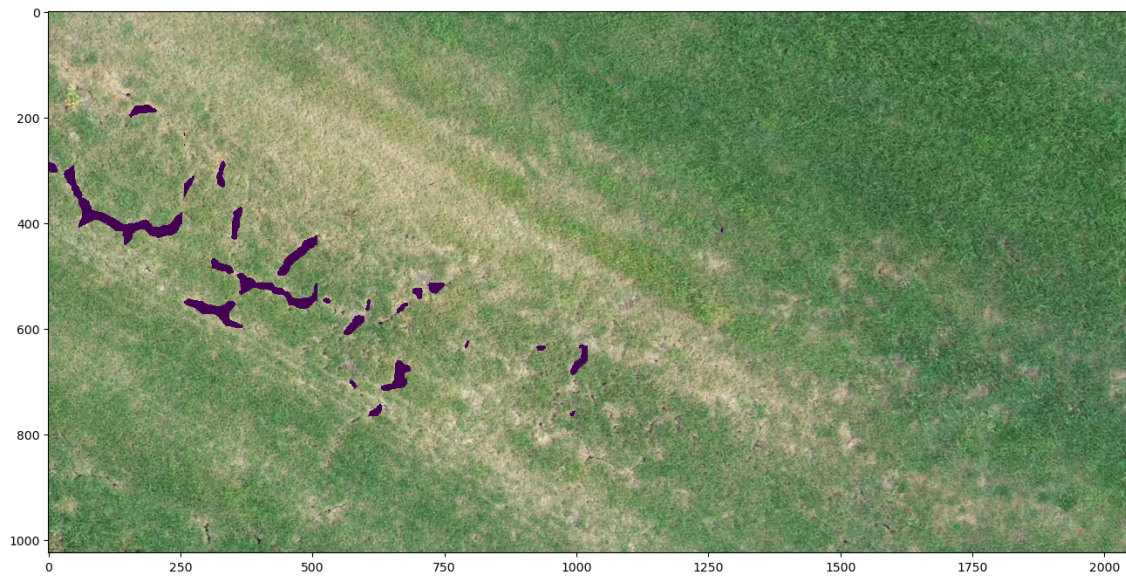
Hieronder een voorbeeld stuk dijk met droogtescheuren

**Haal het voorbeeldraster in opgesneden 'windows' door het model heen**

4. Hier wordt door het raster bestand heen 'geloopt' met 'windows' van 256x256 pixels en elke 'window' zal een bijbehorende voorspelling krijgen. Deze voorspellingen zullen naar een nieuw gemaakt raster worden geschreven zodat het eindresultaat een raster met dezelfde afmetingen als het origineel is waarin aangegeven is waar geen scheur (0) en wel een scheur (1) zit.

Plot het eindresultaat

5. Door middel van het laden van het voorspel raster als een 'mask' kan het over het originele stuk dijk heen worden gevisualiseerd waardoor de scheuren worden aangegeven op de dijk.



BIJLAGE 2

OPSCHOTDETECTIE

Deze notebook bevat een voorbeeld van opschotdetectie. Opschot zien we als ongewenste, houtachtige begroeiing op een steenbekleding van een waterkering. De methode om opschot te detecteren is in dit voorbeeld gebaseerd op zero-shot inference met de foundation models GroundingDino en SegmentAnything.

VOORBEELD FOTO MET OPSCHOT

We passen de methode toe op een drone foto van een kering met steenbekleding. Op de steenbekleding is duidelijk opschot aanwezig:

**FOUNDATION MODELS**

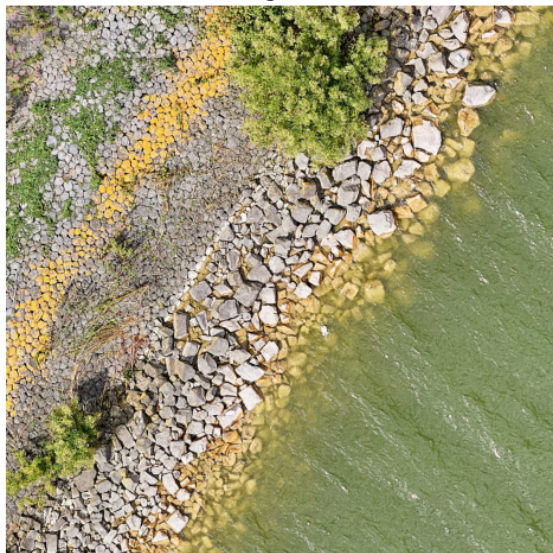
Om opschot te detecteren, moeten we de locatie van opschot bepalen en vervolgens uitknippen. De locatie bepalen we met behulp van GroundingDino, waarna we de precieze locatie uitknippen met SegmentAnything. Om dit te doen moeten we eerst de twee modellen inladen.

TREFWOORDEN VOOR GROUNDINGDINO OM OPSCHOT TE DETECTEREN

GroundingDino detecteert objecten op basis van een of meerdere trefwoorden ('tags'). In dit voorbeeld geven we de trefwoorden 'bush', 'shrub', 'tree' en 'plant' mee aan GroundingDino om opschot te detecteren. GroundingDino produceert op basis van deze trefwoorden bounding boxes in de figuur waar deze trefwoorden worden aangetroffen. Op basis van Non-maximum-Suppression worden overlappende bounding boxes tot 1 box samengevoegd.

NMS: before 3 boxes, after 2 boxes

Origineel



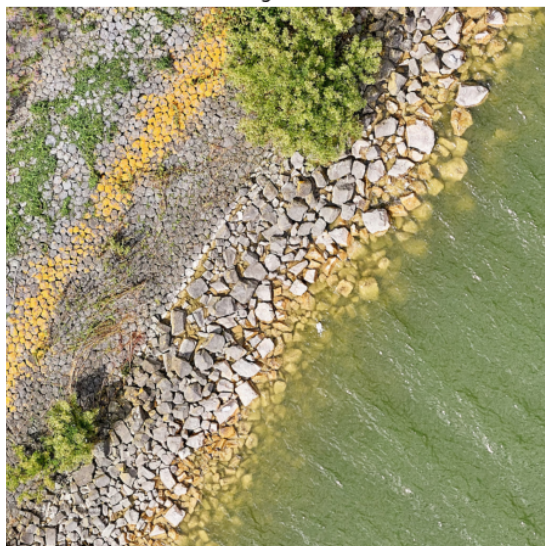
GroundingDino tags: ['bush', 'shrub', 'tree', 'plant']



UITKNIPPEN VAN OPSCHOT MET SEGMENTANYTHING

Op basis van de zojuist gedetecteerde objecten, kunnen met SegmentAnything de contouren gedetecteerd worden.

Origineel



GroundingDino + SegmentAnything, tags: ['bush', 'shrub', 'tree', 'plant']

