

RAADSINFORMATIEBRIEF – Nr. 2020-064

Aan de leden van de gemeenteraad

Datum	15 juni 2020
Zaaknummer	Z/19/328890/ 964120
Onderwerp	Onderzoek naar invloed van vegetatie op krimp en zetting van kleibodems en de gevolgen daarvan voor de bouwkundige staat van woningen en andere gebouwen
Portefeuillehouder	Carla Koers, Nanne van Dellen
Contactpersoon	Hans Bosch
E-mail	h.bosch@zevenaar.nl
Telefoon	0316-595615

Geachte leden van de gemeenteraad,

Inleiding

In 2018 zijn veel huizenbezitters in Zevenaar geconfronteerd met scheurvorming in en verzakking van hun woning. Dit betreffen woningen die niet op palen zijn gefundeerd maar op 'staal'. Dit goedkopere type fundering kan op zich adequaat zijn en aan het Bouwbesluit voldoen, maar is wel kwetsbaarder. De oorzaak van deze schade lag in de langdurige periode van extreme droogte. Als gevolg van de langdurige periode van extreme droogte in 2018 is de kleibodem onder een aantal woningen met dit type fundering droog gevallen en ingeklonken en daardoor ondergingen woningen met dat type fundering in sommige gevallen zettingen. Soms leidde het zetten van de woningen tot scheurvorming.

In juli 2019 heeft u voor deze gedupeerde inwoners een subsidieregeling vastgesteld voor deskundig advies en voor het vergroenen van de tuin en het afkoppelen van regenwater.

Daarnaast heeft u besloten tot een uitgebreid onderzoek naar het effect van vegetatie (in de vorm van bomen, hagen en heesters) op de vochttoestand van de bodem. Ook vegetatie heeft namelijk invloed op de vochttoestand van de kleilaag. Er was behoefte een eerder uitgevoerd beperkt onderzoek te updaten met de kennis en ervaring, die de in de zomer van 2018 was opgedaan.

Dit onderzoek is uitgevoerd in een samenwerkingsverband van Wageningen Universiteit (Wageningen Environmental Research) en Deltares te Delft. In maart 2020 is het eindrapport Verkennend onderzoek naar de schade aan woningen ten gevolge van de zetting van de kleibodem en de rol van het gemeentelijke groen hierbij opgeleverd. Met deze raadsinformatiebrieven rapporteren wij over de resultaten van het onderzoek en de gedane aanbevelingen.

Kernboodschap, context en inhoud

Onderzoeksresultaten wijzen niet op een duidelijk aanwijsbare relatie tussen vegetatie en de waargenomen daling en stijging van gebouwen

Het onderzoek heeft zich gericht op de rol van bomen bij de ruim 200 schademeldingen in 2018. Daarvoor is de afstand van de bomen tot het schadeobject geïnventariseerd en getoetst aan de richtlijnen, die daarvoor bestaan. Bij het gebrek aan richtlijnen in Nederland zijn daarvoor de richtlijnen uit Groot Brittannië gebruikt. Uit de analyse blijkt de vastgestelde afstand tussen bomen en bebouwing in een aantal gevallen niet voldoet aan de in de richtlijnen geadviseerde afstand. Het is niet zo dat op zich het niet voldoen aan richtlijnen betekent dat er daardoor schade ontstaat. Daartoe is aanvullend onderzoek verricht.

Onderzoek met behulp van satellietdata, zogenoemde InSAR data, heeft echter uitgewezen dat, in de gevallen waarin de afstand tussen de vegetatie tot het schadeobject niet voldeed aan de Britse richtlijnen, geen significant causaal verband aanwezig was tussen de woningen waar schade is geleden en de vegetatie die in de nabijheid aanwezig was.

In Groot Brittannië gehanteerde richtlijnen voor de afstand van bomen tot aan gebouwen zijn niet zondermeer toepasbaar in Nederland

De bodemkundige omstandigheden in Nederland en de hier gebruikelijke funderingspraktijk zijn dusdanig afwijkend van de omstandigheden en praktijk in Groot Brittannië dat de daar gehanteerde richtlijnen niet zondermeer toepasbaar zijn in Nederland. Deze richtlijnen zijn, zoals is gebleken uit de satellietdata, wel bruikbaar als een indicatie van mogelijke effecten, maar leveren geen sluitend juridisch bewijs dat er een causaal verband bestaat tussen de in Zevenaar geconstateerde schadegevallen en de in de nabijheid aanwezige vegetatie. Omdat op zich de vegetatie wel bijdraagt aan de verdroging van de kleilaag lijkt het wel zinvol om deze richtlijnen voor het beheer van de vegetatie als belangrijke leidraad te hanteren.

Aanpassingen in het gemeentelijk groenbeleid zijn wenselijk

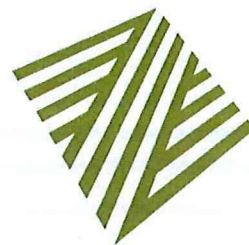
Hoewel er geen direct aanwijsbare relatie is vastgesteld van de aanwezige vegetatie op waargenomen krimp en zetting van de bodem is het wel wenselijk de door de onderzoekers gedane aanbevelingen voor een aanpassing van het gemeentelijke groenbeleid serieus te nemen. Gelet op de klimaatvoorspellingen waarin vaker droge perioden worden verwacht, is het wel een verantwoordelijkheid van de gemeente als eigenaar van vegetatie om daarop te anticiperen en een eventuele mogelijke invloed van vegetatie op de grondwaterstand, in de toekomst uit te sluiten.

Bij inboet, renovatie van het groen of herinrichting van de openbare ruimtekunnen de Britse richtlijnen wel helpen in het leveren van maatwerk als het gaat om te hanteren afstand tot bebouwing en de boomsoortenkeuze.

Daarnaast kan het in sommige gevallen nodig zijn het effect van bestaande bomen te verminderen door deze bomen te verwijderen en te vervangen door bomen met een geringe waterconsumptie. Soms kan dat ook bereikt worden door ingrijpende snoeimaatregelen of kandelaberben. Ook gerichte irrigatie (bomen water geven) en het plaatsen van wortelschermen, zoals in het verleden al in Zevenaar is gebeurd, zijn mogelijke oplossingen. Hiervoor zal een separaat voorstel worden voorbereid, waarin verschillende scenario's met bijbehorende kosten aan de raad worden voorgelegd.

Vervolgonderzoek/monitoring is noodzakelijk

In het onderzoek worden aanbevelingen gedaan voor monitoringsonderzoek om het inzicht in de processen van zwellen en inkrimpen van de kleibodems te vergroten. Ook onderzoek naar de invloed van het rioolnetwerk wordt aanbevolen. De aldus verkregen onderzoeksgegevens kunnen ons mogelijk ook



helpen om ons beter te wapenen tegen de gevolgen van klimaatverandering en onderbouwing leveren voor de voorbereiding van maatregelen in het klimaatadaptatieplan.

Context

- ☒ Actueel maatschappelijk onderwerp/probleem
- ☐ Collegeprogramma
- ☐ Motie/amendement/toezegging
- ☐ Anders

Met vriendelijke groet,
burgemeester en wethouders van Zevenaar,


Danielle Jansen
Wvd. secretaris


Lucien van Riswijk
burgemeester

Bijlagen:

- 960629 Verkennend onderzoek naar de schade aan woningen ten gevolge van de zetting van de kleibodem en de rol van het gemeentelijke groen hierbij.
- 960632 Bijlage bij onderzoeksrapport

Verkenkend onderzoek naar de schade aan woningen ten gevolge van de zetting van de kleibodem en de rol van het gemeentelijke groen hierbij



J. Kopinga¹, H. Kooi², F. Rip¹, F. Roelofsen², R. Stuurman², J.H. Spijker¹

1 Wageningen Environmental Research

2 Deltares

Wageningen Environmental Research
Wageningen, maart 2020

J. Kopinga, H. Kooi, F. Rip, F. Roelofsen, R. Stuurman, J.H. Spijker, 2020. *Verkennd onderzoek naar de schade aan woningen ten gevolge van de zetting van de kleibodem en de rol van het gemeentelijke groen hierbij*. Wageningen, Wageningen Environmental Research.

© 2020 Wageningen Environmental Research (instituut binnen de rechtspersoon Stichting Wageningen Research), Postbus 47, 6700 AA Wageningen, T 0317 48 07 00, www.wur.nl/environmental-research. Wageningen Environmental Research is onderdeel van Wageningen University & Research.

- Overname, verveelvoudiging of openbaarmaking van deze uitgave is toegestaan mits met duidelijke bronvermelding.
- Overname, verveelvoudiging of openbaarmaking is niet toegestaan voor commerciële doeleinden en/of geldelijk gewin.
- Overname, verveelvoudiging of openbaarmaking is niet toegestaan voor die gedeelten van deze uitgave waarvan duidelijk is dat de auteursrechten liggen bij derden en/of zijn voorbehouden.

Wageningen Environmental Research aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.



Wageningen Environmental Research werkt sinds 2003 met een ISO 9001 gecertificeerd kwaliteitsmanagementsysteem. In 2006 heeft Wageningen Environmental Research een milieuzorgsysteem geïmplementeerd, gecertificeerd volgens de norm ISO 14001. Wageningen Environmental Research geeft via ISO 26000 invulling aan haar maatschappelijke verantwoordelijkheid.

Wageningen Environmental Research

Foto omslag: Opname willekeurige straat in Zevenaar (bron GoogleMaps 2020)

Inhoud

Inhoud 3

Samenvatting	5
1 Inleiding	7
1.1 Aanleiding	7
1.2 Visie op de opdracht	7
1.3 Doel	8
1.4 Projectafbakening	8
1.5 Leeswijzer	8
2 Methode	9
2.1 De bijdrage van opgaande beplantingen aan de kans op schade door bomen bij woningen in de gemeente Zevenaar	9
2.2 Verkenning van de beweging van punten in de bebouwde omgeving op basis van InSAR-data	9
2.3 De relatie tussen de invloed van beplantingen op de mate van daling en stijging van gebouwen	11
2.4 Grondwaterstand in relatie tot de kleilaag	14
3 Onderzoek naar de afstanden tussen bomen en woningen in de woonkern van Zevenaar	15
3.1 Aannames	15
3.2 De 'veilige' afstand tussen bomen en funderingen op krimpgevoelige bodems	16
3.3 Data (en richtlijnen) uit empirisch onderzoek	17
3.4 Data en richtlijnen van overige instanties	17
3.5 Onderzoek naar de afstanden tussen bomen en woningen in de woonkern van Zevenaar waarvan schademeldingen zijn geregistreerd	20
3.6 Analyse	21
4 Verkenning van de beweging van punten in de bebouwde omgeving op basis van InSAR-data	22
4.1 Gemiddelde dalingssnelheid (april 2015 – augustus 2019)	22
4.2 Wegen	23
4.3 Ander maaiveld dan wegen (tuinen, plantsoen, evt. trottoir/fietspad)	24
4.4 Woningen en gebouwen	26
5 De afstand tussen vegetatie en woningen in relatie tot de mate van daling en stijging van gebouwen	29
6 Grondwaterstand in relatie tot de kleilaag	31
6.1 Beschikbare gegevens	31

6.2	Analyse	31
6.3	Verwerking data	32
6.4	Uitkomsten	34
7	Conclusies en aanbevelingen	37
7.1	Conclusies	37
7.1.1	Afstand tussen vegetatie en bouwdelen	37
7.1.2	Beweging van punten in de bebouwde omgeving op basis van InSAR-data	37
7.1.3	De relatie tussen de afstand tot de vegetatie en de mate van daling en stijging van gebouwen	38
7.1.4	Grondwaterstand in relatie tot de kleilaag	38
7.2	Aanbevelingen	38
7.2.1	Beheer van opgaande vegetatie die niet voldoet aan de aanbevolen minimumafstanden	38
7.2.2	Grondwater	39
7.2.3	Voorstel voor meetraai in Zevenaar	40
	Literatuur	42
Bijlage 1	Indeling van de door Cutler & Richardson (1989) boom-gerelateerde schademeldingen naar percentage van het aantal meldingen en het de daarbij behorende afstandstraject (in meters).	43
Bijlage 2	De door Mercer et al. (2011) geregistreerde schadegevallen (MRC), ingedeeld percentage schadegevallen en de daarbij behorende afstanden (in meters) in vergelijking tot de bevindingen (C&R) van Cutler & Richardson (1989).	44
Bijlage 3	Overzicht van de waterbehoefte c.q. waterconsumptie van verschillende algemeen voorkomen boomsoorten (ingedeeld in de klassen Hoog, Matig en Laag) en de hoogte (in meters) van de volgroeide bomen, zoals vermeld door de NHBC (2013) en het Stadsbomenvademecum deel 4 (2006).	45
Bijlage 4	Bijlage 4. De door de SCAB en de ABI minimaal in acht te nemen afstanden (in meters) tussen bomen en bouwwerken op krimpgevoelige gronden.	46
Bijlage 5	Afstand tussen woningen en vegetatie per melding, vergeleken met de geadviseerde minimumafstand volgen de aanbevelingen van de NHBC (2013).	47
Bijlage 6	Boxplot van berekeningen van de gemiddelde scores van de verticale beweging van de woningen met schademeldingen en de gewogen scores hiervan.	51
Bijlage 7	InSAR-datasets Zevenaar	<i>separaat bijgevoegd</i>

Samenvatting

Gemeente Zevenaar heeft na het extreem droge jaar 2018 ca. 200 schademeldingen aan huizen in de woonkern ontvangen. Schade kan te maken hebben met een veelheid van oorzaken (droogte, dikte kleipakket, type fundering, drainerende riolering etc.).

Doel van dit onderzoek is om meer inzicht te krijgen over de eventuele rol van bomen in deze schademeldingen. Hiertoe zijn een aantal activiteiten ondernomen.

Allereerst is er geïnventariseerd hoe groot de afstanden zijn tussen de panden met een schademelding en de in de nabijheid aanwezige beplanting. De beplanting is immers een van de vele factoren die de vochthuishouding in de bodem beïnvloed. En de vochthuishouding in de bodem is een relevante parameter voor de mogelijke beweging van het maaiveld. Voor het beheer van de vegetatie is inzicht in de vegetatie (kwantiteit, afstanden tot bebouwing) relevant.

Voorts is met behulp van InSAR-data bekeken welke oppervlaktebewegingen in de bebouwde kom hebben plaatsgevonden over de periode 2015-2019. Hierbij is onderscheid gemaakt tussen (1) wegen, (2) ander maaiveld dan wegen (tuinen, plantsoen, evt. trottoir/fietspad) en (3) woningen en gebouwen.

Eveneens is onderzocht welke relatie er is tussen deze gevonden bodembeweging en de gevonden afwijkingen van de aanbevolen afstanden tussen bebouwing en vegetatie. Dit deel is uitgevoerd voor het jaar 2018, omdat dit een droog jaar was, waarbij grotere effecten verwacht mogen worden dan in andere jaren.

Tenslotte is in beschouwing genomen de beweging van het grondwater in 2018 en met name de vraag bekeken of dit grondwater ook dieper wegzakte dan de onderkant van de kleilaag.

De afstand tussen de beplanting en bouwwerken

Dit hoofdstuk beschrijft hoe groot de afstanden zijn tussen de opgaande beplanting en bouwdelen. Deze afstanden zijn vergeleken met elders gehanteerde richtlijnen op dit punt. Omdat in Nederland geen richtlijnen en criteria voorhanden zijn, is als indicatie gebruik gemaakt van de benadering die is opgesteld door een aantal instanties in Groot-Brittannië. Uit de analyse komt naar voren dat de afstand tussen vegetatie en bouwdelen in een aantal gevallen niet voldoet aan de genoemde richtlijnen. Dat kan voor het beheer van de vegetatie om die reden een aandachtspunt zijn. Wel blijkt dat de invloed van vegetatie op specifieke gevallen met de huidige gegevens ten opzichte van andere invloeden niet goed meetbaar en/of kwantificeerbaar is.

Omdat de situatie in Zevenaar zich op een aantal aspecten (bodem, funderingstechniek) niet één op één laat vergelijken met die in Groot-Brittannië, is het op zich een vraag in hoeverre de daar genoemde afstanden te Zevenaar kunnen worden aangehouden als een verstandige richtlijn. Nader onderzoek zou dit eventueel kunnen preciseren, hoewel voor beheervraagstukken van deze richtlijn zou kunnen worden uitgegaan.

Beweging van punten in de bebouwde omgeving op basis van InSAR-data

In de periode 2015-2018 is de gemiddelde dalingssnelheid van wegen zeer gering (2 mm daling tot 1 mm stijging per jaar).

Van ander maaiveld dan wegen is de gemiddelde dalingssnelheid in het algemeen vrij klein (4 mm daling tot 1 mm stijging per jaar). Wel zijn er incidenteel plekken met veel grotere verzakkingen tot 27 mm per jaar.

Er is seizoendynamiek, waarbij clusters van punten een soortgelijke beweging laten zien. Zeer lokaal wordt in het droge jaar 2018 in de zomer en najaar een duidelijk versterkte daling

aangetroffen, vooral goed te zien in enkele achtertuinen. De daling herstelt zich grotendeels of vrijwel geheel na deze periode.

Bij woningen en gebouwen is het beeld meer wisselend. In de zomer en najaar van 2018 is geen versterkte daling te zien, afgezien van een enkele locatie.

De relatie tussen de aanwezigheid van vegetatie en de mate van daling en stijging van gebouwen

De aanwezigheid van opgaande beplantingen blijkt nauwelijks invloed te hebben op de waargenomen hoogteverschillen van gebouwen op basis van InSAR-data over het extreem droge jaar 2018. Er is een licht statistisch verband, maar er is een grote spreiding in de gevonden hoogtebewegingen per categorie van de mate waarin wordt afgeweken van de aanbevolen afstanden tussen vegetatie en bebouwing. Dit betekent dat met de gehanteerde methode de rol van de vegetatie niet duidelijk aanwijsbaar is.

Grondwaterstand in relatie tot de kleilaag

Een belangrijk gegeven is of de grondwaterstand in droge jaren nog in de bovenliggende kleilaag blijft, of dieper wegzakt en tot onder de kleilaag daalt. Als de kleilaag 'droog' valt, is een sterkere zetting te verwachten.

Van 26 meetlocaties in de bebouwde kom van Zevenaar zijn meetgegevens van het grondwater over het droge jaar 2018 beschikbaar en is ook de dikte van de kleilaag bekend. Het blijkt dat in de helft van het aantal locaties het grondwater dieper wegzakt dan de kleilaag. Het aantal dagen per jaar dat dit het geval is varieert van 60 tot 337 per meetlocatie; de maximale zakking per meetpunt varieert van 13 cm onder de kleilaag tot 88 cm eronder.

Er zijn meer meetlocaties van grondwater in de bebouwde kom van Zevenaar, maar hier was de dikte van de kleilaag de onderzoekers niet bekend. Analyse hiervan en koppeling met de invloedssfeer van beplantingen en InSAR-data kan nog aanvullende informatie opleveren.

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

Na de droge zomer van 2006, maar ook gedurende de recente extreem droge zomer van 2018, heeft de gemeente Zevenaar een grote hoeveelheid meldingen ontvangen van bewoners over scheurvorming in woningen waarvan werd vermoed dat die zou kunnen samenhangen met versterkte bodemdaling door uitdroging, en daardoor krimp, van de kleilaag waarop deze woningen staan.

Naar aanleiding van de meldingen uit 2006 is een aantal achtergronden destijds nader onderzocht en hierover is gerapporteerd (De Lange et al., 2009). Voor een beschrijving van de problematiek wordt hiernaar verwezen. Ook is in deze rapportage aandacht besteed aan de mogelijk rol van de vegetatie bij de bodemzetting. Dit hoofdstuk betrof een literatuurstudie naar de (vooral buitenlandse) ervaringen met dit fenomeen. Dit is verder niet gevalideerd naar praktijkgevallen in de gemeente omdat dit buiten het toenmalige onderzoek viel.

Het is inmiddels bekend dat schade op krimpgevoelige gronden vooral optreedt in de wat drogere jaren. Ook is bekend dat de effecten van krimp kunnen worden versterkt door de vochtonttrekking aan de bodem door aanwezige opgaande vegetatie. Hierover bestaat onder de deskundigen inmiddels een *communis opinio* en dit mag worden opgevat als een vaststaand gegeven. Daarnaast is echter bekend dat er ook schade kan optreden zonder opgaande vegetatie in de nabijheid van gebouwen of wanneer de beplanting al enige tijd geleden is geroid (Kelm et al. ongedateerd; Lawson, M. 2012; Clay Research Group. 2010).

De gemeente Zevenaar heeft na het extreem droge jaar 2018 ca. 200 schademeldingen aan huizen in de woonkern ontvangen en heeft daarom, als aanvulling op de hiervoor genoemde rapportage, behoefte aan meer inzicht in de mogelijke rol van bomen en heesters in het openbaar groen op het ontstaan van de gemelde schade aan de nabij gelegen woningen. Om hierop een antwoord te kunnen geven is deze verkennende studie uitgevoerd.

1.2 Visie op de opdracht

In 2009 heeft er een verkennend onderzoek plaatsgevonden naar de zetting in Zevenaar (De Lange et al. 2009). In deze opdracht wordt voortgebouwd op de resultaten van het rapport van De Lange, en wordt met name gekeken naar een eventuele relatie tussen de aanwezigheid van bomen en opgaande beplanting in relatie tot de schademeldingen, alsmede de grondwaterpeilen. In opdracht van de gemeente Zevenaar doen de WUR en Deltares een nadere verkenning van de relatie tussen bomen en schade(meldingen) in de gemeente in het extreem droge jaar 2018. In deze opdracht wordt ook informatie over de verticale deformatie van punten in de bebouwing meegenomen (InSAR-data). Voorts wordt ook de relatie tussen de grondwaterstand en de dikte van de kleilaag betrokken. Algemeen geldt dat kleilagen kunnen vervormen of van eigenschap kunnen veranderen als door droge periodes de kleilaag droog valt. De freatische grondwaterstand zakt dan tot in de kleilaag of zelfs tot onder de kleilaag. Het betreft een verkennend onderzoek, waarbij mogelijke relaties tussen schademeldingen en de aanwezigheid van bomen kunnen worden gelegd. Een aantal andere factoren is niet of beperkt in beeld gebracht (zie 1.4 Projectafbakening). Om over specifieke schadegevallen een beter onderbouwde uitspraak te kunnen doen dient ter plekken civiel- en boomtechnisch onderzoek te worden uitgevoerd. Daarvoor zijn de resultaten van dit rapport niet bruikbaar.

1.3 Doel

Doel van het project is om goed in beeld te krijgen of er een relatie is tussen de aanwezigheid van bomen en opgaand groen enerzijds en de schademeldingen anderzijds, waarbij ook de grondwaterstanden in ogenschouw worden genomen.

1.4 Projectafbakening

Het project richt zich op de wijken die in de periode 1950-1980/1990 zijn gebouwd en op staal zijn gefundeerd. Andere wijken blijven buiten beschouwing. Schade aan schuurtjes die veelal lichter zijn gefundeerd blijft eveneens buiten beschouwing.

De gemeente Zevenaar stelt gegevens ter beschikking over de schademeldingen aan woningen en ook gegevens t.a.v het gemeentelijke groen en de gemeentelijke bomen in de te onderzoeken wijken.

Niet meegenomen zijn andere mogelijke oorzaken van schade, zoals het type fundering van de huizen, de aanwezigheid van en kwaliteit van de riolering (die kan drainerend werken) en bij de aanleg van de riolering/wegen mogelijk ontstane wijzigingen in het kleidek.

1.5 Leeswijzer

Het verkennend onderzoek naar de schade aan woningen ten gevolge van de zetting van de kleibodem en de rol van gemeentelijk groen hierbij bestaat uit de volgende hoofdstukken.

In hoofdstuk 2 wordt de gehanteerde methode toegelicht. Hierbij wordt telkens een paragraaf gewijd aan de verschillende onderdelen:

- Indicatie van de mogelijkheid dat opgaande beplanting bij woningen kan bijdragen aan de schade.
- Verkenning van de beweging van punten in de bebouwde omgeving op basis van inSAR-data
- De relatie tussen de aanwezigheid van opgaande beplanting en de mate van daling en stijging van gebouwen.
- De grondwaterstand in relatie tot de kleilaag.

Deze onderdelen worden vervolgens toegelicht in de hoofdstukken 3 tot en met 6.

Afsluitend staan in hoofdstuk 7 de conclusies en aanbevelingen.

Aan het eind van het rapport zijn nog een aantal bijlagen bijgevoegd met achtergrond- en detailinformatie.

2 Methode

2.1 De bijdrage van opgaande beplantingen aan de kans op schade door bomen bij woningen in de gemeente Zevenaar

Achtergrond

Gestart is met het uitvoeren van een beknopte studie van enige -meer recente- literatuur met betrekking tot (inventarisaties van) van schadegevallen op krimpgevoelige gronden en de condities (soort, afstand) waaronder die zijn te verwachten in aanvulling op de eerder in beschouwing genomen literatuur (De Lange et al. 2009). De bedoeling hiervan is – vooral – om te achterhalen in hoeverre er nog sprake was van nieuwe of bijgestelde inzichten. Dit bleek niet wezenlijk anders te zijn dan in de periode vóór 2006 en de eventuele nuancerings in de loop der tijd zijn meegenomen in de hieronder weergegeven resultaten.

Aanpak

Bestudering en nader in kaart brengen van het door de gemeente aangeleverde overzicht van recente schademeldingen in de gemeente. Hierbij is bij de schadegevallen in de bebouwde kom van Zevenaar de aanwezigheid van bomen en opgaand groen in beschouwing genomen (aantal: > 200 gevallen). Bij het nader in kaart brengen van de standplaats c.q. afstand tot de woningen, en het groeistadium (hoogte en kroondiameter) van de bomen is onder meer gebruik gemaakt van de huidige internet-mogelijkheden zoals GoogleEarth en Google-StreetView. De boomsoort is vastgesteld aan de hand van beelden van StreetView in combinatie met een bij Wageningen Environmental Research vervaardigd bestand met boomkroonprojecties. De gegevens van dit 'veldwerk' zijn nadien in samenwerking met de beleidsmedewerker groen van de gemeente Zevenaar nog gevalideerd en waar nodig gecorrigeerd.

Opstellen van een indicatie van de mogelijke bijdrage van opgaande beplantingen aan het ontstaan van schade op basis van de beschikbare literatuurgegevens.

De resultaten van dit deel van het onderzoek zijn beschreven in hoofdstuk 3.

2.2 Verkenning van de beweging van punten in de bebouwde omgeving op basis van InSAR-data

Achtergrond

Ten behoeve van dit onderzoek zijn door SkyGeo InSAR-data aangeleverd. Deze dataset, die toegankelijk is via een online portal, bevat informatie over de verticale deformatie (=beweging) van punten (reflectoren) in de bebouwde omgeving.

Doel en aanpak

In dit onderdeel worden de resultaten gerapporteerd van een verkenning van de aangeleverde informatie. Doel van de verkenning was om een indruk te krijgen van:

- De lineaire trend van daling (= snelheid)
- De dynamiek en variatie van de verticale beweging
- De beweging in het droge jaar 2018

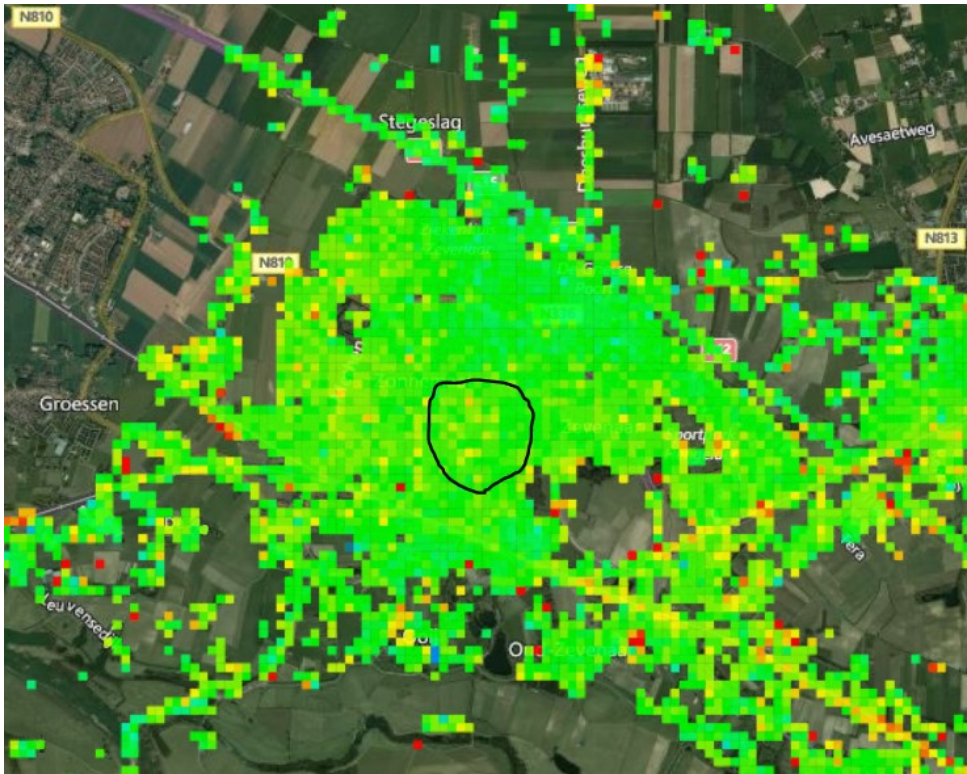
Daarbij is specifiek gekeken of er verschillen zijn in het deformatiegedrag van woningen/gebouwen enerzijds en van maaiveld anderzijds. Er is gebruik gemaakt van de dataset RSAT-XF asc die de droge zomer van 2018 bevat, maar ook enkele jaren daarvoor. Zie tabel 1.

Dataset	Satellite	Timespan	Images	Median Time Interval
TSX asc	terrasar-x	2018-05-12 - 2019-06-12	34	11
RSAT-XF asc	radarsat-2	2015-04-07 - 2019-08-08	65	24
RSAT-S3 dsc	radarsat-2	2010-06-03 - 2016-11-10	94	24
ENV dsc	envisat	2003-12-21 - 2010-09-05	66	35

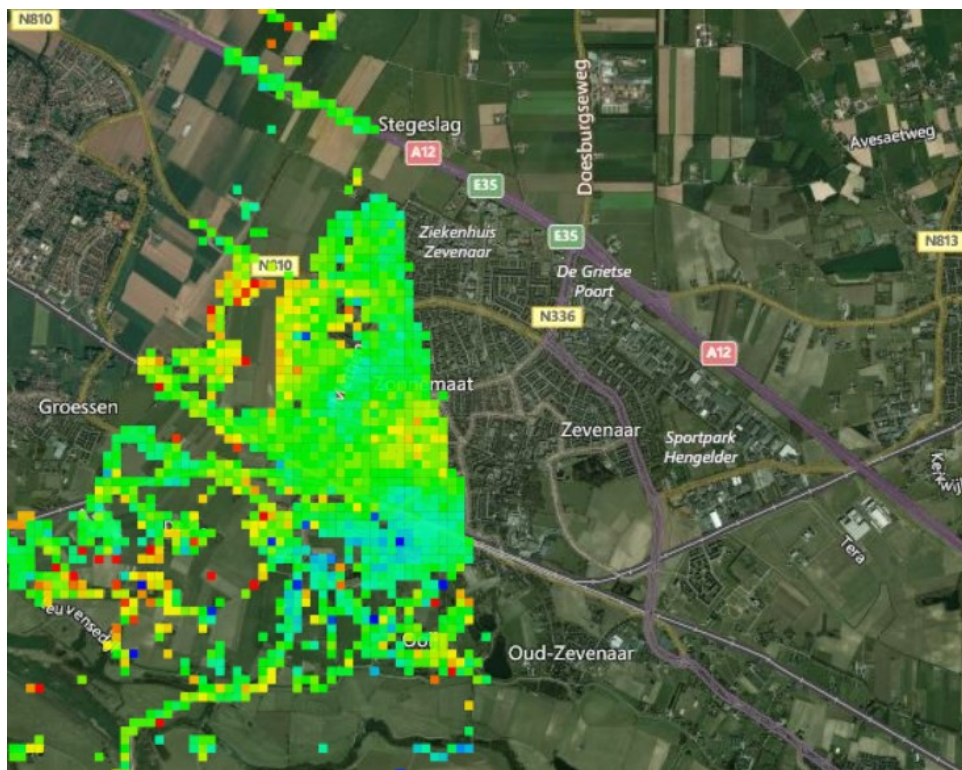
Tabel 1. Gebruikte datasets voor de verkenning van de verticale beweging van punten.

Deze dataset beslaat ook het 'totale interessegebied', zoals is te zien in Figuur 1. Ter vergelijking: de TSX asc dataset start halverwege 2018 en bevat alleen informatie voor het westelijke deel van Zevenaar (Figuur 2). De verkenning is gedaan voor een deelgebied rond de driehoek Julianalaan-Arnhemseweg-Hertog Johannstraat aangegeven met de zwarte omlijning in Figuur 1.

De resultaten van dit deel van het onderzoek zijn beschreven in hoofdstuk 4.



Figuur 1. Kleuren geven het gebied aan waar InSAR data beschikbaar zijn in de RSAT-XF dataset (het totale gebied met data is nog ruimer). De zwarte omlijning geeft het gebied aan waar deze rapportage over rapporteert.



Figuur 2. Kleuren geven het gebied aan waar InSAR data beschikbaar is in de TSX asc dataset.

2.3 De relatie tussen de invloed van beplantingen op de mate van daling en stijging van gebouwen

Om meer inzicht te krijgen in een verband tussen de aanwezigheid van opgaande beplanting en de mate van bodembeweging zijn enige statistische vingeroefeningen uitgevoerd. Daarbij is gebruik gemaakt van zowel kaartmateriaal met een overzicht van de hoogte van de boom- en struikvegetatie met daartussen de gebouwen waarvan schademeldingen zijn ontvangen. Ook is een kaart gebruikt waarin de mate van hoogteverandering van terrein en gebouwen in 2018 is weergegeven, afgeleid van InSAR satellietbeelden.

Vegetatiehoogte

De hoogte van de vegetatie is aangegeven in 5 hoogteklassen (zie figuur 3), samengesteld op basis van gegevens van het AHN2 = Actueel Hoogtebestand Nederland (Meijer et al. 2015). De vegetatiekaart is slechts gebruikt om de juistheid van de gegevens in bijlage 5 nog eens na te lopen. Dit gaf geen aanleiding tot substantiële aanpassingen.¹

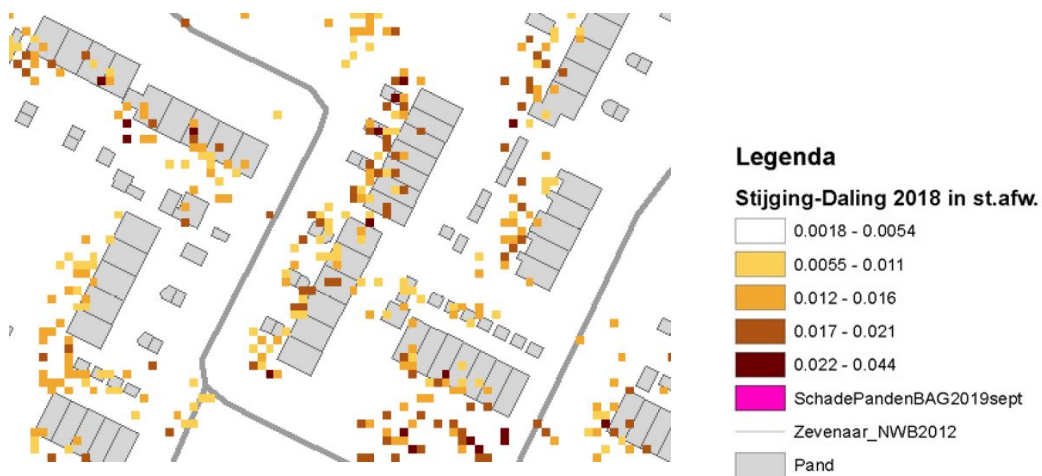
¹ Het vegetatiebestand op basis van AHN2 bleek dus goed bruikbaar. Een actualisatie van het vegetatiebestand op basis van het inmiddels beschikbare AHN3 was voor het doel van dit onderzoek niet noodzakelijk.



Figuur 3. Uitsnede van de Bomenkaart met boomhoogtes: crèmewit (klasse 1): 0-5 m; lichtbruin (2): 6-10 m; lichtgroen (3): 11-15 m; turquoise (4): 16-20 m; azuurblauw (5): 21-49 m. De zwarte stippen geven de bomen en struiken aan die eigendom zijn van de gemeente (volgens BGT 2017).

Mate van hoogteverandering

Op de kaart van de InSAR beelden zijn de reflectiepunten herleid tot rastercellen van 2 x 2 meter met daarin een indicatie van het verschil tussen daling en stijging in 2018. Hiertoe zijn voor elk reflectiepunt de cumulatieve daling en de cumulatieve stijging berekend en de absolute waarden daarvan zijn gesommeerd. Van deze complete reeks gesommeerde waarden is de standaardafwijking berekend. Vervolgens is per reflectiepunt het verschil met de standaardafwijking bepaald. Deze verschillen zijn per punten geclassificeerd in 5 klassen. Waar individuele rastercellen meerdere reflectiepunten omvatten is het grootste verschil de celwaarde geworden. Figuur 4 geeft een voorbeeld van de hiermee samengestelde rasterkaart.

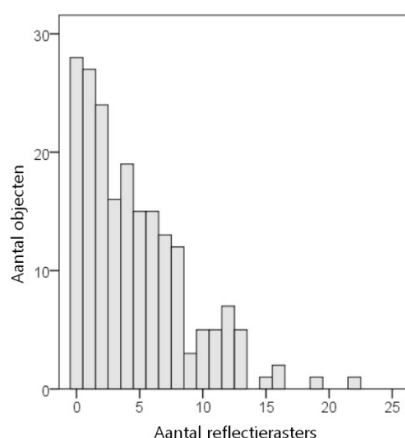


Figuur 4. Uitsnede van de kaart met het overzicht van de hoogteverschillen Een toelichting op de klassenindeling is weergegeven in tabel 2.

Kleur	Klasse	Ondergrens	Bovengrens	Mediaan
wit	1	0,0018	0,0054	0,0036
oker	2	0,0055	0,0110	0,0083
oranjebruin	3	0,0120	0,0160	0,0140
bruin	4	0,0170	0,0210	0,0190
donkerbruin	5	0,0220	0,0440	0,0330

Tabel 2. Klassenindeling met de daarbij behorende onder- en bovengrenzen van de standaardafwijkingseenheden.

Bij 27 schademeldings-objecten ontbraken reflectiepunten, waardoor de rastercelwaarde 0 werd. Van de resterende objecten konden een of meerdere (tot 27) worden samengesteld. Een verdeling van het aantal reflectierasters over de objecten is weergegeven in figuur 5.



Figuur 5. Overzicht van het aantal reflectierasters over de schademeldingsobjecten.

Van drie objecten kon geen indicatie worden opgesteld (zie bijlage 5), waardoor uiteindelijk 170 objecten in aanmerkingen kwamen voor onderlinge vergelijking. Deze is uitgevoerd op basis van een oplopende puntenwaardering (scores) aan de diverse klassen, waarbij de verschillen in gemiddelden zijn getoetst met statistisch parametervrije methoden.

In gevallen waarin per objecten meerdere indicaties zijn aangegeven, is gekozen voor de meest 'zware' indicatie per adres waarvan schade is gemeld. Hierbij zijn scores aangegeven per indicatieklasse volgens de normen van de NBHC, waarbij is gekeken wat de afstand tussen vegetatie en object is in relatie tot de richtlijn: 1 = de afstand tussen vegetatie en object is veel groter dan de richtlijn 2 = de afstand is groter dan de richtlijn; 3 = de afstand is ongeveer gelijk aan richtlijn; 4 = de afstand is kleiner dan de richtlijn en 5 = de afstand is veel kleiner dan de richtlijn adviseert. De puntenwaardering (scores) voor de hoogteverschillen per gebouw komen overeen met de in tabel 2 weergegeven klassenindeling.

Bij het samenstellen van de gemiddelde hoogteverschillen per object is uitgegaan van een wat pragmatische invalshoek en zijn drie benaderingen gekozen:

1. De maximale score per gebouw, ongeacht het aantal reflectierasters.
2. De gemiddelde rekenkundige score waarbij iedere voorkomende score slechts één maal is meegeteld.

3. Een zgn. gewogen score, waarbij alle per gebouw voorkomende rasters zijn betrokken nadat ze eerst zijn vermenigvuldigd met de bij de klasse behorende mediaan (zie tabel 2).

De resultaten van dit deel van het onderzoek zijn beschreven in hoofdstuk 5.

2.4 Grondwaterstand in relatie tot de kleilaag

Algemeen geldt dat kleilagen kunnen vervormen of van eigenschap kunnen veranderen als tijdens droge periodes de kleilaag droog valt. De grondwaterstand van het eerste watervoerende pakket zakt dan tot in de kleilaag of zelfs tot onder de kleilaag.

In dit onderzoek beschrijven we op basis van metingen in het veld hoe de situatie er voor staat in Zevenaar.

Verspreid over de gemeente Zevenaar staan diverse grondwater monitoringspunten. Daarin hangen meetsondes die frequent (elk half uur) de grondwaterstand kunnen registreren. Bij de aanleg van het monitoring netwerk zijn boringen gezet die zijn beschreven en waarin de positie van de kleilaag terug te vinden is.

In dit onderzoek zijn per meetlocatie de volgende aspecten nagegaan:

- Wat is diepteligging van de bovenzijde en onderzijde van de kleilaag?
- Hoeveel dagen staat de grondwaterstand onder de kleilaag in het extreem droge jaar 2018?
- Wat is in 2018 de laagste grondwaterstand?
- Hoeveel ligt die laagste grondwaterstand onder de onderzijde van de kleilaag?

De resultaten van dit onderzoek zijn beschreven in hoofdstuk 6.

3 Onderzoek naar de afstanden tussen bomen en woningen in de woonkern van Zevenaar

3.1 Aannames

In dit hoofdstuk wordt nader bekeken hoe de positie van bomen en opgaande struiken is ten opzichte van de opstallen. Voorts wordt bekeken in hoeverre er richtlijnen of aanbevelingen zijn omtrent de gewenste minimumafstanden tussen vegetatie en woningen.

In de meeste gevallen waren zowel de boomsoort als de afmetingen en de afstanden tot de bebouwing met voldoende zekerheid vast te stellen met de hiervoor genoemde 'digitale' mogelijkheden en de aanvullingen hierop van de gemeente. Waarbij moet worden opgemerkt dat kennis over de exacte cultivar van een bepaalde soort minder van belang is voor de indeling in de waterconsumptie-klasse en er maar een relatief gering aantal soorten worden beschouwd als notoire waterverbruikers. Voor een globale inschatting van de invloed van de bomen zijn vooral de hoogte en de afstand tot de woningen maatgevend.

Het is niet bekend of alle schades zijn, of worden gemeld. Er kunnen redenen zijn dat huizenbezitters hiermee terughoudend zijn of dat huurders die niet melden bij de verhuurder. Er heeft geen controle plaatsgevonden of de wel gedane meldingen correct waren. Evenmin is bekend of, en in hoeverre, er verschillen zijn in de kwaliteit van de fundering.

Dit betekent echter wél een beperking voor een eventuele statistische toetsing van de resultaten en de gevonden verschillen en de 'voorspellende' waarde van de resultaten.

Ook blijkt dat in een aantal gevallen in de voortuinen van de woningen niet-gemeentelijke boom- en struikbeplantingen aanwezig zijn met afmetingen die zodanig zijn dat het aannemelijk is dat die meer van invloed zijn geweest op de plaatselijke vochtonttrekking dan de op grotere afstand staande bomen in het straatprofiel. Sommige van deze bomen in de voor- of achtertuinen staan zelfs 'klem' tegen de gevel van een woning of aanbouw.

De afstanden van een aanbouw (o.a. garage, berging, schuur, serre) tot bomen verschillen soms substantieel met die van de fundering van de woning zelf. Vooralsnog is aangenomen dat vooral de afstand tussen de vegetatie en de fundering van het woonhuis relevant is. Bij de bepaling van de afstanden tussen de woning en de bomen is de afstand tot de gevel van het woonhuis aangehouden. Afwijkingen hiervan zijn als commentaar in de overzichten (bijlage 5) meegenomen.

De gebruikte modellen zijn zowel globaal als indicatief. Zo zegt alleen een boomhoogte weinig over de waterconsumptie. Deze is vooral afhankelijk van de totale hoeveelheid bladmassa, doorgaans uitgedrukt als Leaf Area Index (LAI). Binnen dezelfde boomsoort kunnen die substantieel verschillend zijn, al naar gelang de conditie van de bomen. Zo kunnen de variaties oplopen tot meer dan een factor twee. Bijvoorbeeld enerzijds bomen met een slechte conditie en een LAI van 2,5 en anderzijds bomen met een goede conditie en een LAI van 5,0 of aanmerkelijk groter (Kopinga, 2009).

Dit geeft ook al aan dat de modellen niet meer dan richtinggevend kunnen zijn en ook als zodanig moeten worden beschouwd. Voor een verfijning daarvan zou op zijn minst ook de totale bladmassa bekend moeten zijn (of op zijn minst met voldoende nauwkeurigheid moeten worden ingeschat). Deze verfijning valt echter buiten het kader van deze verkennende studie en zou indien nodig nog als aanvulling kunnen worden meegenomen in de ter plekke uitgevoerde validatie.

In bijlage 5 zijn de afstanden weergegeven tussen de vegetatie en de woningen van adressen waarvan een schademelding is geregistreerd. Daarbij is als indicatie een uit het literatuuronderzoek voortgekomen adviesafstand aangegeven. In Groot Brittannië (GB) worden door sommige instanties deze afstanden als aan te houden minimumafstanden geadviseerd. Hierbij dient er echter rekening mee te worden gehouden dat de omstandigheden in GB, zoals bouwwijze, funderingstype, bodemgesteldheid, et cetera afwijkend kunnen zijn van de Nederlandse omstandigheden en om die reden moet men terughoudend zijn met een directe vergelijking met de Nederlandse situatie.

Het laatste vraagt altijd om nader onderzoek ter plekke met de daarvoor geëigende methodieken (profielkuilen, grondradar, et cetera) en het met zekerheid vaststellen dat de aangetroffen wortels ook afkomstig zijn van de als schadeveroorzaker aangemerkte boomsoort.

3.2 De 'veilige' afstand tussen bomen en funderingen op krimpgevoelige bodems

Voor zover bekend, bestaan er in Nederland geen algemeen geldende normen en richtlijnen voor de minimale afstand die in acht moet worden genomen tussen gebouwen en bomen op krimpgevoelige gronden.

In Groot-Brittannië (GB), waar problematiek van de schade aan gebouwen op onder meer de 'London clay soils' reeds vanaf de jaren zeventig zowel het verzekeringswezen als het onderzoek bezig hield, zijn inmiddels wél richtlijnen opgesteld en gepubliceerd.

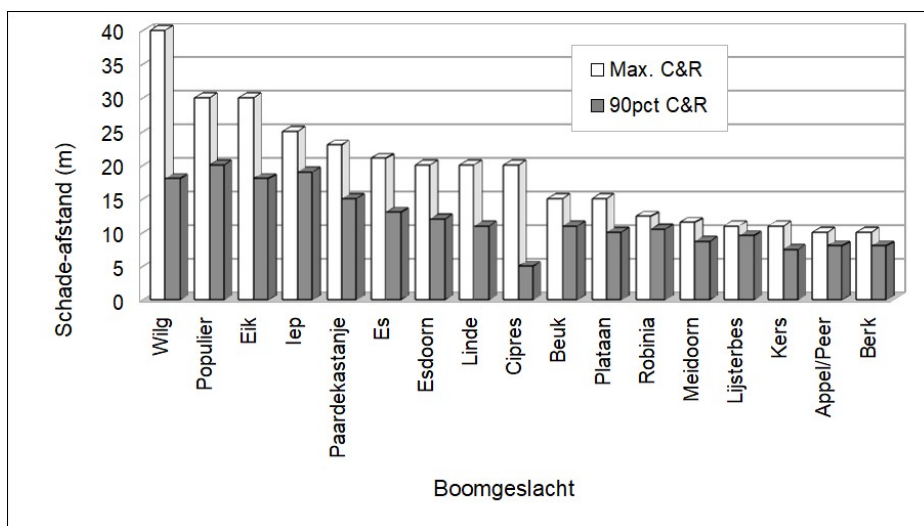
Zoals reeds is aangegeven mag men er op voorhand niet vanuit gaan dat alle richtlijnen uit GB één op één van toepassing zijn op alle Nederlandse situaties.

Ook de dikte van de kleilaag is een aspect bij het ontstaan van schade. In GB bedraagt die soms meerdere meters en dan kan het effect van vochtonttrekking en de daarmee samenhangende zakking aanmerkelijk groter zijn. In Zevenaar is de dikte van de kleilaag over het geheel genomen beperkt tot enkele meters (in het zuidwestelijk gedeelte) tot minder dan 1 meter (in het noordoostelijk gedeelte) met daaronder doorgaans een watervoerende zandlaag. Mede omdat de dikte van de kleilaag relatief gering is én de watervoerende zandlaag er in principe voor kan zorgen dat vochtonttrekking vanuit de kleilaag kan worden aangevuld, betekent dit dat de bijdrage van de vegetatie aan de uitdroging van de kleilaag beperkter zal zijn dan de gemiddelde situatie waarop de in de GB geadviseerde afstanden zijn gebaseerd. Wat niet wegneemt dat de de kleilaag wél meer kan uitdrogen wanneer het water in de zandlaag zakt tot een peil waarop er geen contact meer is met de kleilaag.

Desalniettemin geven de richtlijnen uit GB wél indicaties over de orde van grootte waaraan zal moet worden gedacht wanneer het gaat om de horizontale invloedzone van de beworteling van bomen (want die is minder afhankelijk van het kleitype) en die zijn in dit opzicht bruikbaar om globaal (en niet meer dan dat) aan te geven in hoeverre gebouwen extra kans lopen op zettingsschade door de aanwezigheid van bomen en struiken in de nabijheid daarvan.

3.3 Data (en richtlijnen) uit empirisch onderzoek

Cutler & Richardson (1989) geven op basis van analyses van ruim 11.000 schademeldingen waarbij bomen en struiken waren betrokken voor een aantal soorten de maximale afstand waarbij nog schade werd waargenomen en de maximale afstand waarbinnen 90 % van de schadegevallen door bomen en struiken werd veroorzaakt. Een overzicht daarvan is gegeven in figuur 6 en een meer uitvoerig overzicht van de procentuele verdeling van de schadegevallen bij bepaalde afstandsklassen is weergegeven in bijlage 1.



Figuur 6. Afstanden tussen beschadigde gebouwen en schade veroorzakende volwassen bomen per boomgeslacht volgens Cutler & Richardson (1989). 'Max. C&R' geeft de maximaal gevonden afstand aan; '90pct C&R' geeft het percentage aan waarbinnen 90 % van de schadegevallen door bomen is veroorzaakt.

Nadien zijn deze data nog eens gevalideerd door Mercer et al. (2011). Hieruit kwam naar voren dat de data van Cutler & Richardson in grote lijnen gerechtvaardigd waren. De gevonden verschillen waren op enkele uitzonderingen na te omschrijven als 'marginaal'. Bijlage 2 geeft een overzicht van de (belangrijkste) verschillen. Zowel Cutler & Richardson als Mercer et al. geven verder geen informatie over de (gemiddelde) ontwikkelingsstadia van de bomen in relatie tot de afstand van de bomen tot de beschadigde objecten.

3.4 Data en richtlijnen van overige instanties

Door een aantal instanties uit de bouwwereld, het verzekeringswezen en belangenorganisaties voor huizenbezitters (resp. NHBC, ABI en SCAB) zijn eveneens richtlijnen opgesteld, deels op basis van het hierboven genoemde onderzoek.

NHBC = National House Building Council

ABI = Association of British Insurers

SCAB = Subsidence Claims Advisory Bureau

De NHBC (2011) concentreert zich vooral op de minimale diepte die een fundering op staal moet hebben bij bepaalde afstanden van bomen tot gebouwen. Maar hieruit kan ook worden afgeleid

of, en in hoeverre, in bestaande situaties een gebouw met een bekende funderingsdiepte komt te liggen binnen de invloedsszone van beplantingen, waardoor die een bijdrage kunnen leveren aan de krimp van de bodem. De NHBC gebruikt daarbij drie invalshoeken:

1. De 'plasticiteit' (krimpgevoeligheid oftewel volume change potential) van het kleitype, onderverdeeld in > 40 % ("hoog"), 20-40 % ("matig") en < 20 % ("laag"). Dit heeft vooral betrekking op de minimaal aan te houden funderingsdiepte wanneer de afstand tot (toekomstige) opgaande vegetatie bekend is. Voor de zijdelingse uitgestrektheid (in invloed van) de beworteling, en de eventuele kans op schade, doet deze indeling minder ter zake omdat de zijdelings wortelontwikkeling van bomen in de verschillende kleitypes min of meer vergelijkbaar is.

2. Het waterverbruik van boomsoorten gerelateerd aan de boomhoogte. T.a.v. het waterverbruik wordt onderscheid gemaakt in 3 klassen: "hoog", "matig" en "laag" en bij de boomhoogte wordt uitgegaan van de voor een boomsoort maximaal bereikbare hoogte. Een overzicht van de indeling van boomsoorten naar waterverbruik en de hoogte op volwassen leeftijd is weergegeven in bijlage 3.

3. De invloedsszone van de beworteling. Door de NHBC wordt onderscheid gemaakt tussen de invloedsszone (de reikwijdte van de boomwortels) en de 'no tree planting zone' bij gebouwen met een minimale funderingsdiepte (= 75 cm). Zie tabel 3. Uit de achtergrondinformatie bij de richtlijnen valt overigens niet af te leiden op basis van welke (onderzoek)gegevens de afstanden van de no tree planting zone zijn vastgesteld. In ieder geval blijkt er onderscheid te zijn tussen enerzijds de invloedsszone in zijn geheel en anderzijds de mate van invloed die de aanwezige wortelmassa binnen deze invloedsszone heeft op verzakkingen c.q. de omvang van uitdroging van het kleipakket. Het is niet bekend hoe het verzekeringswezen omgaat met de 'no tree planting zone'. Dit vraagt om een nadere studie. In bijlage 5 is een inventarisatie van afstanden tussen vegetatie en bouwdelen weergegeven.

Waterbehoefte	Invloedsszone	No tree planting zone
Hoog	1,25 x max. hoogte	1,0 x max. hoogte
Matig	0,75 x max. hoogte	0,5 max. hoogte
Laag	0,5 x max. hoogte	0,2 max. hoogte

Tabel 3. De invloedsszone van de beworteling van bomen en de afstand tot gebouwen waarbinnen wordt afgeraden om bomen aan te planten, volgens de richtlijnen van de NHBC (2013).

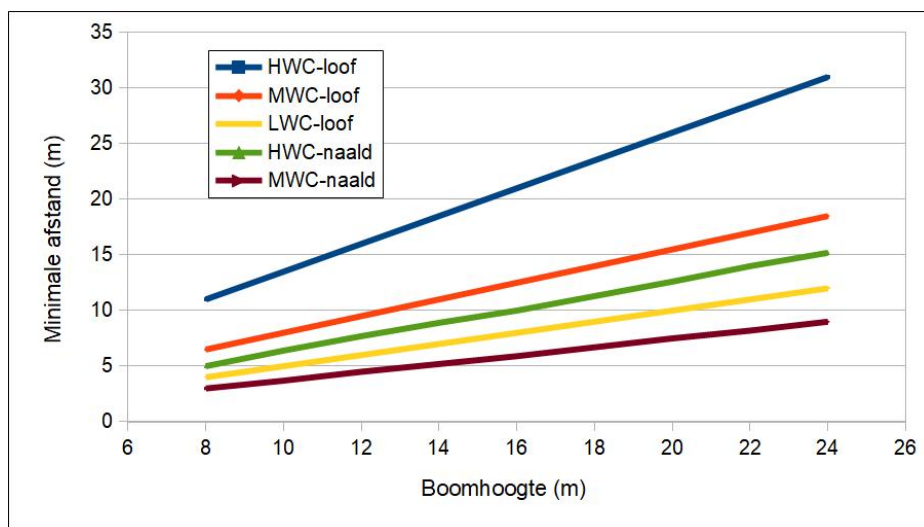
Het belangrijkste verschil tussen de benadering van de NHBC en de overige richtlijnen (resp. ABI en SCAB) is dat de NHBC rekening houdt met het ontwikkelingsstadium van de bomen. De ABI en de SCAB gaan uit van de 'veilige' afstanden die gelden voor volgroeide bomen en zijn gebaseerd op de maximale invloedssfeer van bomen in een volgroeid stadium. Weliswaar geeft de SCAB een indicatie over een minimale zone die nog als relatief 'veilig' mag worden aangemerkt, maar uit de door SCAB gegeven toelichting op de richtlijnen valt niet op te maken op welke (onderzoek)gegevens die zijn gebaseerd.

Qua orde van grootte komen ze desalniettemin in hoge mate overeen met de door Cutler & Richardson aangegeven klasse van 90 % boomgerelateerde schadegevallen (R-Spearman = 0,97).

Een vergelijkend overzicht van de benaderingen van de SCAB en de ABI is weergegeven in bijlage 4.

Er is bij het opstellen van een indicatie voor de situatie in Zevenaar uitgegaan van de benadering van de NHBC als leidraad omdat die het meest van toepassing is op de status (ontwikkelingsstadium) van het huidige bomenbomenbestand. In geval van twijfel over de klassenindeling zijn tevens de data van de ABI en SCAB, naast de (doorgaans niet gedocumenteerde) praktijkervaringen in Nederland, meegewogen. Zie hiervoor het betreffende hoofdstuk.

De NHBC adviseert voor een bouwwerk met bijvoorbeeld een funderingsdiepte van 75 cm uit te gaan van een minimumafstand voor loof- en naaldbomen met verschillend niveau van waterverbruik volgens figuur 7. In de praktijk zullen situaties uiteraard sterk kunnen afwijken van de situatie die de NHBC als basis heeft genomen voor het opstellen van de adviesafstanden. Zo zijn boomwortels geneigd om zich vooral te ontwikkelen in voortuinen, in de richting van de huizen (zie: Kopinga, 2009). Nog onduidelijk is hoe dat van invloed is op het geheel. Maar ook dient de standplaats van de boom te worden beschouwd. Wanneer bijvoorbeeld de boom en de woningen door een geasfalteerde verkeersweg worden gescheiden, dan neemt de mogelijke invloed van boomwortels ook af omdat de praktijkervaringen aangeven dat de ruimte onder verkeerswegen geen aantrekkelijke groeiplaats is voor boomwortels vanwege onder meer de hoge bodemdichtheid en het lage bodemzuurstofgehalte.



Figuur 7. Geadviseerde minimumafstanden van naald- en loofbomen tot woningen op krimpgevoelige gronden en met een funderingsdiepte van 0,75 m. (bron: NHBC, 2013). HWC = hoge waterconsumptie; MWC = matige waterconsumptie; LWC = lage waterconsumptie.

3.5 Onderzoek naar de afstanden tussen bomen en woningen in de woonkern van Zevenaar waarvan schademeldingen zijn geregistreerd

Door de gemeente Zevenaar is een overzicht aangeleverd van ca. 200 schadegevallen die in de loop van 2018 bij de gemeente zijn gemeld. Onderzocht is wat de afstand is tussen de aanwezige bomen en opgaande struiken en de bouwdelen van de woningen en hoe deze afstand zich verhoudt tot de in Groot Brittannië geadviseerde minimumafstanden.

Dit is uitgevoerd conform de hierboven beschreven benadering, waarbij de boomhoogte, de afstand tot de woning en de boomsoort i.c. de waterconsumptie daarvan in ogenschouw zijn genomen. De afstand tot de woningen alsmede de boomhoogte en de boomsoort zijn bepaald door middel van schattingen. In gevallen waarin de boomsoort niet met zekerheid kon worden vastgesteld is ten aanzien van de waterconsumptie uitgegaan van een hoog waterverbruik. Op basis van de richtlijnen van de NHBC (en in twijfelgevallen tevens die van de ABI, de SCAB en de gegevens van Cutler & Richardson (1987) en Mercer et al. (2011) is bepaald wat de minimumafstand is die zou moeten worden aangehouden. Richtinggevend daarbij is de door de NHBC norm die uitgaat van een funderingsdiepte van 75 cm.

De waarderingen zijn uitgedrukt als score (++ , + , 0).

- ++ In deze gevallen is de afstand tussen de boom en de woningen kleiner dan de voor die boomsoort c.q. waterconsumptie-categorie door de NHBC aangegeven invloedszone én kleiner dan de no tree planting zone (zie tabel 3).
- + Hierbij zijn de afstanden groter dan de no tree planting zone maar kleiner dan de invloedszone.
- NA dit betreft de zgn. 'twijfelgevallen' waarin de afstanden min of meer overeenkomen met de aangegeven grens van de invloedszone, maar waar een onder- of overschrijding niet exact kan worden vastgesteld vanwege de onnauwkeurigheidsmarges van de schattingen van boomhoogtes en afstanden tot woningen.
- 0 Hierbij voldoen de afstanden aan de aangegeven richtlijnen.

Een overzicht van de waarderingen is in tabelvorm weergegeven in bijlage 5.

In de tabel van bijlage 5 is te zien dat is sommige gevallen de feitelijke afstand tussen de vegetatie en de bouwdelen kleiner is dan de geadviseerde minimumafstanden zoals deze in Groot Brittannië worden gehanteerd. Dit betekent echter nog niet dat de eventuele schade aan de woning is veroorzaakt door deze vegetatie. Voor zover eventuele schade aan woningen samenhangt met vochtvariaties in de kleilaag onder Zevenaar is dat laatste sowieso tevens punt van aandacht. De grofmazigheid van de gegevens (eigenschappen fundering, eigenschappen bodemgesteldheid, hydrologische omstandigheden, variatie in de vegetatie), laat niet toe om oorzakelijke relaties te leggen. Er valt te constateren dat er nogal wat situaties zijn waar tevens opgaande beplantingen aanwezig zijn in de tuinen (aan de voor- zij- of achterkant) van de woningen. Die vegetatie valt onder het eigen beheer van bewoners/eigenaren (zie ook H 3.6).

3.6 Analyse

De afstanden tussen vegetatie en bouwdelen van de 200 schademeldingen zijn nader geïnventariseerd. Uit deze inventarisatie blijkt dat bij een deel van deze adressen de afstand tussen de vegetatie en de bouwdelen niet voldoet aan de in Groot Brittannië geadviseerde aan te houden minimumafstanden. Dit geldt voor zowel het gemeentelijke bomenbestand als het particuliere groen. Tabel 4 geeft een overzicht van het aantal woningen in relatie tot de afstand tussen de vegetatie en de bouwdelen.

Aspect	Afstand < GB advies		Afstand > GB advies
	Gemeente	Particulier	
Aantal woningen	94	73	32

Tabel 4. Overzicht van de afstanden tussen opgaande vegetatie en bouwdelen van woningen per administratieve eigendomssituatie (gemeentelijk of particulier) gerelateerd aan de in Groot Brittannië geadviseerde minimale afstanden (op basis van 199 woningen).

In het hierboven gegeven overzicht blijkt dat er ook in de particuliere percelen vegetatie staat waarvan de positie niet in overeenstemming is met de GB-richtlijnen. Er is geen statistisch verschil tussen het particuliere en openbare groen in het aantal malen dat de afstand kleiner dan wel veel kleiner is dan de vereiste afstanden.

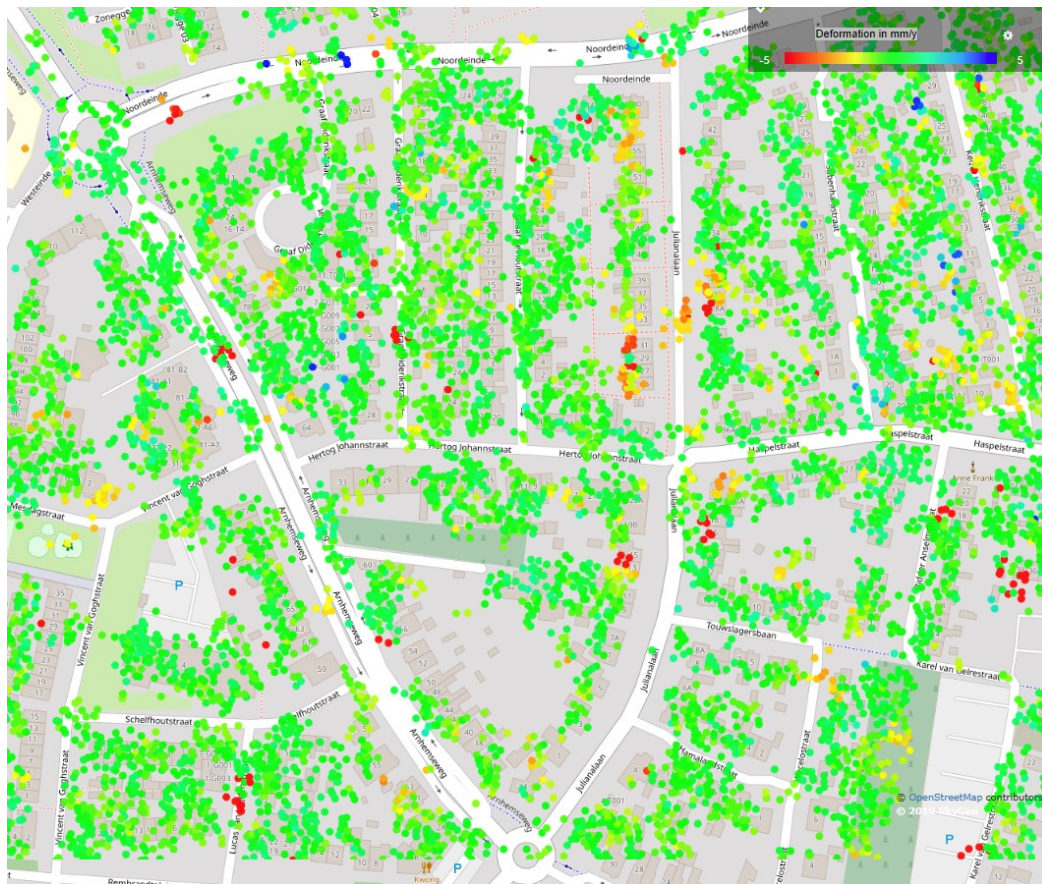
Het gaat hier om boom- en struiksoorten met zowel een hoge als met een matige en lage waterconsumptie. Mede gezien de lage aantallen waarin sommige soorten per klasse aanwezig zijn én het gegeven dat veel individuen van bijvoorbeeld linde, zomereik en plataan, in een beperkt aantal rijbeplantingen voorkomen en een vergelijkbare standplaats en afstand hebben, valt tussen de soorten onvoldoende statistisch onderscheid te maken. Waarbij moet worden opgemerkt dat, zoals reeds is aangegeven, de verdamping wordt bepaald door meerdere boomeigenschappen (o.a. LAI, Leaf Area Index) en omgevingsfactoren (o.a. zonnestraling). Ook de GB-indeling is (en blijft) daarmee slechts een globale indicatie waarvan overigens nog niet zeker is in hoeverre die van toepassing is op de situatie(s) in Zevenaar. Uit dit overzicht mag wél worden opgemaakt dat dat het relevant is om ook de beheertechnische aspecten van de problematiek in een breder kader te plaatsen dan alleen die van het gemeentelijke groen.

4 Verkenning van de beweging van punten in de bebouwde omgeving op basis van InSAR-data

De hoofdbevindingen van de verkenning worden hier samengevat. Uitgebreidere documentatie wordt verschaft in bijlage 7. N.B. Het is niet onderzocht of deze bevindingen ook representatief zijn buiten het gebied dat is bekeken (Figuur 1, paragraaf 2.2).

4.1 Gemiddelde dalingssnelheid (april 2015 – augustus 2019)

Figuur 8 geeft een beeld van de gemiddelde dalingssnelheid voor een deelgebied. Oranje en rode punten geven locaties aan met relatief sterkere daling (> 3 mm/jaar). Alle punten worden getoond, zowel op maaiveld als op woningen of andere objecten.



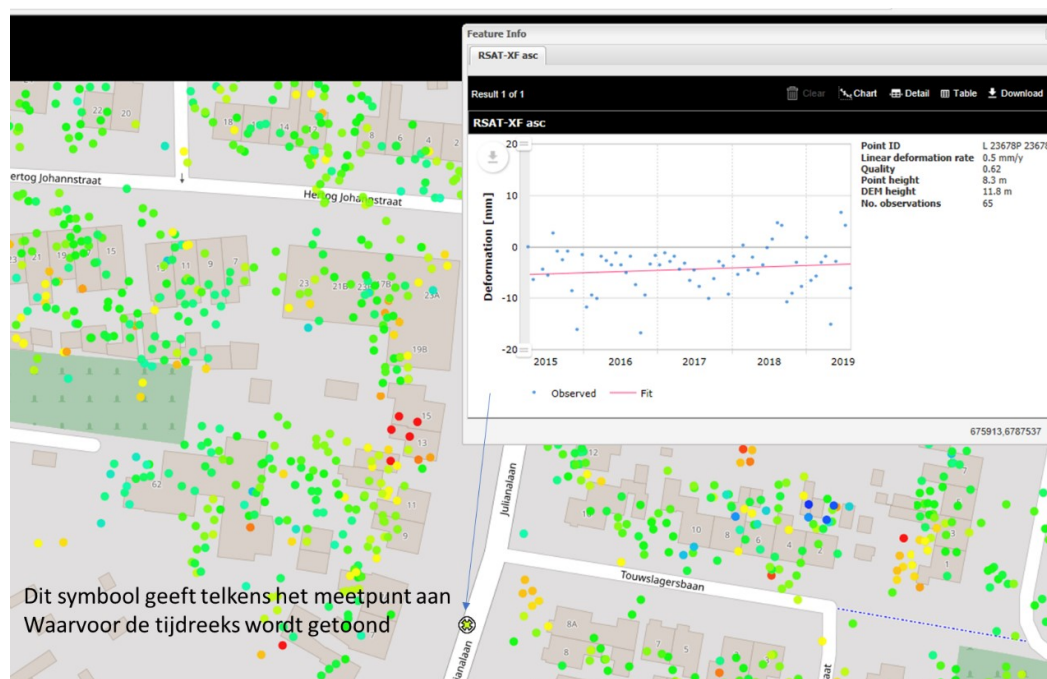
Figuur 8. De gemiddelde dalingssnelheid voor een deelgebied van Zevenaar (alle punten). Oranje en rode punten geven locaties aan met een sterkere daling.

N.B. op de volgende figuren in dit hoofdstuk geeft de kleur van de punten (zie legenda) de lineaire snelheid aan van de zakkingslijn die het eerste en laatste meetpunt van de reeks met elkaar verbindt. Dat geeft een ander resultaat en is minder betrouwbaar als maat voor de gemiddelde dalingssnelheid. Voor de analyse is de best-fit lineaire dalingssnelheid per punt geraadpleegd en gebruikt (helling van rode fit-lijn zoals in Figuur 9) en niet gewerkt met de kleuren van de punten die op de kaarten zijn weergegeven.

4.2 Wegen

- De lineaire dalingssnelheid (gemiddeld over de totale periode april 2015 – augustus 2019) is over het algemeen verwaarloosbaar klein: -2 tot + 1 mm/jaar (negatief is daling).
- De variatie van de dalingstijdreeksen rond de gemiddelde lineaire dalingstrend is groot: typisch 10 à 20 mm. Over het algemeen is er geen duidelijk seizoenafhankelijk patroon in te herkennen (de tijdreeks vertoont geen duidelijke trend). Het is niet duidelijk of de variatie een daadwerkelijke beweging van het wegdek vertegenwoordigen, of meetruis betreft.
- Er zijn geen duidelijke afwijkingen tijdens de droge zomer van 2018 gevonden.

Figuur 9 geeft een voorbeeld voor een meetpunt op de Julianalaan met een geringe stijgingssnelheid (rode lijn: 0,5 mm/jaar = niet significant) en variatie rond deze snelheid (punten).



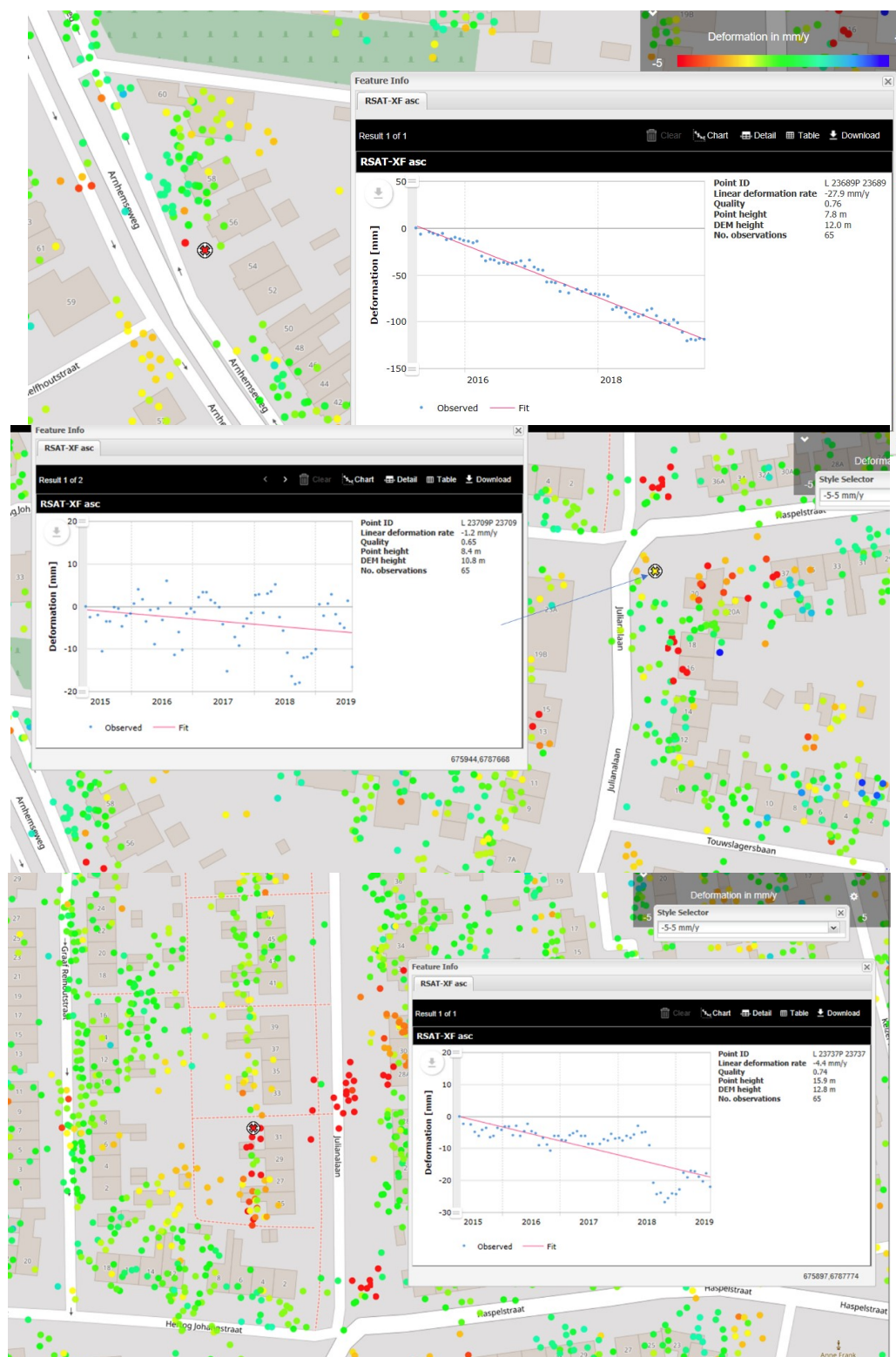
Figuur 9. De gemiddelde dalingssnelheid van meetpunten rond de Julianalaan, met daarbij uitgelicht een meetpunt op de weg (Julianalaan).

4.3 Ander maaiveld dan wegen (tuinen, plantsoen, evt. trottoir/fietspad)

Het beeld wisselt meer dan voor wegen:

- De lineaire dalingssnelheid is over het algemeen vrij klein: -4 tot + 1 mm/jaar. Op enkele punten worden hogere zakkingssnelheden gevonden. Op enkele punten zijn dalingssnelheden gevonden van ca. 27 mm/jaar (ca. 120 mm over de meetperiode).
- Meer dan voor wegen is een seizoenafhankelijke variatie aanwezig (dynamiek). De variatie rond de gemiddelde dalingssnelheid is typisch 10 à 25 mm. Vaak is een cluster van meetpunten aanwezig dat een zeer vergelijkbare dynamiek laten zien.
- Lokaal wordt een duidelijke versterkte daling aangetroffen in de zomer en het najaar van 2018. Vooral goed te zien in enkele achtertuinen. Deze daling herstelt zich grotendeels of vrijwel geheel na deze periode.

Figuur 10 laat enkele voorbeelden zien.



Figuur 10. De gemiddelde dalingssnelheid van drie deelgebieden met drie meetpunten uitgelicht op ander maaiveld dan wegen.

4.4 Woningen en gebouwen

Het beeld wisselt sterk van gebouw tot gebouw

- De lineaire dalingssnelheid varieert vrij sterk: -4 tot + 1 mm/jaar, met uitschieters tot -6 à -7 mm/jaar en één geval van 25 – 30 mm/jaar (Julianalaan 16). Er worden lokaal punten gevonden met hoge dalingssnelheden (> 7 mm/jaar). SkyGeo meldt hierover dat opvalt dat de hoge snelheden alle clusteren in een nauwe range van 26 tot 28 mm/jaar en dat het zeer waarschijnlijk gaat om een verkeerde interpretatie van het gebruikte algoritme. Deze fouten kunnen ontstaan als de werkelijke beweging een grote dynamiek (stijging en daling) vertoont die het algoritme niet goed kan 'duiden'.
- Vaak is een seizoenafhankelijke variatie te herkennen (dynamiek). De variatie rond de gemiddelde dalingssnelheid wisselt sterk van gebouw tot gebouw of woning tot woning; tussen 5 en 25 mm. Er lijkt geen correlatie tussen de grootte van de dynamiek en de lineaire dalingssnelheid. Dat wil zeggen, een grote dynamiek komt voor in combinatie met zowel grote als kleine dalingssnelheden. Zeer geringe dynamiek wordt echter wel alleen gevonden voor woningen waarvan de dalingssnelheid erg klein is.
- Er zijn geen duidelijk gevallen waarin een versterkte daling te zien is in de zomer en het najaar van 2018. In een enkele geval zou dit wel aan de orde kunnen zijn (zie figuur 11, middelste figuur).

Het is bekend dat seizoenafhankelijke bewegingen die worden gemeten aan gebouwen kunnen worden veroorzaakt door thermische expansie en krimp van kunstobjecten, vaak metaal (masten, antennes). In dat geval zouden de dalen in de tijdreeks in de winter te zien moeten zijn en de pieken in de zomer. Het omgekeerde is gevonden in deze dataset. De dynamische beweging van de gebouwen lijkt dus te worden veroorzaakt door bodembeweging. Daarbij moet in Zevenaar vooral gedacht worden aan krimp-zwel van klei waarop de woningen zijn gefundeerd door seizoenafhankelijke wisselingen in bodemvochtgehalte.

Figuur 11 toont enkele voorbeelden.



Figuur 11. Gemiddelde dalingssnelheid met drie meetpunten uitgelicht op woningen en gebouwen.

5 De afstand tussen vegetatie en woningen in relatie tot de mate van daling en stijging van gebouwen

De correlaties tussen de hoogteverschillen (in scores) en de afstand tussen vegetatie en woningen is weergegeven in tabel 5. Hieruit komt naar voren dat er uitgaande van de maximale score van de hoogteverschillen geen significante correlatie is tussen de hoogteverschillen en de afstand tussen vegetatie en woningen. Bij zowel de gemiddelde als de gewogen scores is sprake van een licht significante ($p < 0.05$) correlatie.

Aspect	Kendall's tau-b		Spearman's rho	
	R	p	R	p
Maximale score	0,048	0,482	0,054	0,485
Gemiddelde score	0,156	0,012	0,192	0,012
Gewogen score	0,142	0,020	0,178	0,020

Tabel 5. Statistische toetsing van de correlaties (R) tussen de scores voor de hoogteverschillen van de schademeldings-objecten en de NHCB normen m.b.t. kans op schade door aanwezige vegetatie.

Van de drie scoringsmethodes is de verdeling van de scores van de klassenindeling van de mate waarin wordt afgeweken van de adviesnorm nader getoetst. De gevonden p-waardes zijn weergegeven in tabel 6.

Aspect	p- Kruskal-Wallis
Maximale score	0,865
Gemiddelde score	0,081
Gewogen score	0,132

Tabel 6. p-waarden van de verdeling van de scores over de indicatieklassen voor afwijkingen t.o.v. de NHBC norm, getoetst volgens parameter vrije ANOVA.

Uit de toetsing komt naar voren dat er nauwelijks een verband is tussen de vastgestelde optredende hoogteverschillen en de indicatieklasse voor de mate waarin de afstanden tussen vegetatie en bouwdelen die afwijken van de geadviseerde afstanden. Dit kan onder meer worden toegeschreven aan de nogal forse spreiding binnen, en dus overlap tussen, de klassen. Dit wordt geïllustreerd in de grafieken in bijlage 6.

Hieruit mag worden afgeleid dat een kleiner dan de geadviseerde afstand slechts in geringe mate indicatief is voor de (te verwachten) hoogteverschillen. Dit betekent dat de rol van de vegetatie hier niet voldoende aanwijsbaar is. Althans niet met de hier besproken benadering, waarbij verder geen onderverdeling is gemaakt in verschillen in bodemkundige situaties vanwege statistische beperkingen i.c. het aantal schademeldingen.

Ook is hier niet in betrokken dat er elders in Zevenaar ook vegetatie in de nabijheid van (op staal gefundeerde) woningen is waarvan geen schademeldingen zijn geregistreerd. Voorts zijn er ook locaties waar hoogteverschillen optreden waar geen vegetatie in de buurt is. Dit mag worden opgevat als aanwijzing dat bewegingen van de kleilaag als gevolg van variaties in het vochtgehalte (als belangrijke initiatie van hoogteverschillen) ook door andere processen wordt beïnvloed, waarbij de variatie in het grondwaterniveau een relevante mogelijkheid is.

Daarnaast moet nog altijd rekening worden gehouden met de mogelijkheid dat bodemzettingen ook plaats vinden op locaties waar geen vegetatie in de nabijheid van gebouwen aanwezig is. Verder geeft ook het ontbreken van een voldoende aantal reflectiepunten per gebouw een mogelijke vertekening van de hoogteveranderingen omdat ze niet alle betrekking hebben op die gedeelten van gebouwen waar de vegetatie het meest van invloed zou (kunnen) zijn. Even afgezien van de mogelijkheid om daarin onderscheid te maken wanneer aan meerdere zijden van een gebouw beplanting aanwezig is die qua wortelzones, kroonomvang, kroonhoogte of boomsoort ook invloed kan hebben.

Daarnaast is ook van belang dat er niet zozeer schade aan woningen ontstaat door de seizoensmatige hoogteverschillen, maar uitsluitend als er een horizontale gradiënt is: als overal dezelfde zakking optreedt, ontstaat er geen zettingsschade; als er over een horizontaal vlak verschillen in de zetting optreden kunnen er, als de opstal daar niet tegen bestand is, wel beschadigingen ontstaan.

Hoewel daar geen kennis over bestaat, wordt verwacht dat kans op schade door differentiële daling (eventueel heffing) van de woning groter wordt, naarmate de amplitude van de beweging in een jaar (de seizoenaliteit) groter is. De analyse levert ook een grote waarde van beweging, wanneer er binnen de tijdreeks (ca. 15 waarnemingen per punt in 2018) meer hoogfrequente variatie aanwezig is. Zonder verdere informatie moet dit als meetruis worden gezien. Er hoeft niet daadwerkelijk sprake te zijn van een sterke beweging. In de analyse is dat onderscheid niet gemaakt. Er kunnen daarom geen sterke conclusies worden verbonden aan de resultaten.

6 Grondwaterstand in relatie tot de kleilaag

6.1 Beschikbare gegevens

Grondwaterstanden

Via een beleidsmedewerker water van de gemeente is toegang verkregen tot het systeem h2go waarin grondwaterstanden van het gemeentelijk meetnet automatisch worden geregistreerd. Daaruit komen 68 meetpunten van Meetnet Zevenaar naar boven en 39 daarvan vallen binnen de stad Zevenaar (inclusief Oud-Zevenaar en Groot Holthuizen), de rest van de meetpunten is gelokaliseerd in de wijdere omgeving.

De tijdreeksen hebben diverse starttijden en ook varieert de meetfrequentie van 25 of 30 minuten tot in een geval een minuut. De meetwaarden zijn in meters t.o.v. NAP.

Boorbeschrijvingen

Via de WUR en de gemeente Zevenaar is een set boorgegevens beschikbaar gesteld van boringen die gezet zijn ten behoeve van de aanleg van de monitoringspunten. Van de locaties en de nabije omgeving zijn ook foto's beschikbaar. Het betreft een set van 28 boorbeschrijvingen in afzonderlijke PDF bestanden. Ook hiervoor geldt dat een deel, 18 stuks, in de stad Zevenaar ligt maar ook een deel daar buiten.

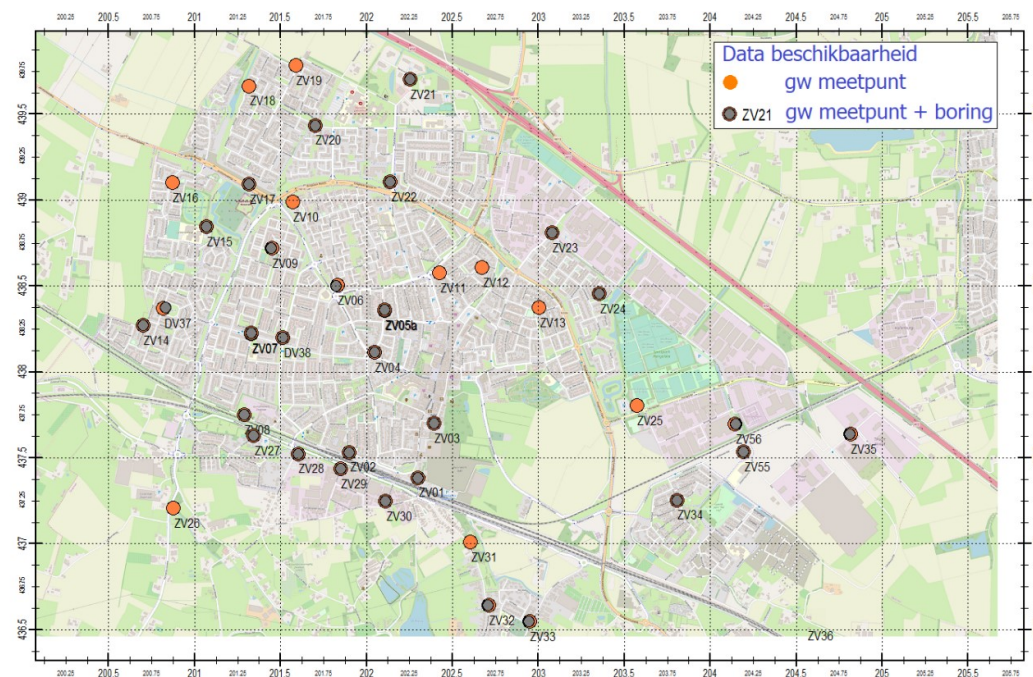
Omdat er meer meetlocaties zijn dan deze 18 boorbeschrijvingen is met behulp van het systeem h2go een aanvullende set van 11 boorbeschrijvingen in de gemeente Zevenaar ontsloten. Dat brengt het totaal aantal beschikbare boorbeschrijvingen op 29 stuks.

In de boorbeschrijving van meetpunt ZV06 wordt geen kleilaag beschreven. De verwachting is echter dat onder de hele stad de kleilaag aanwezig is. Dat is aanleiding geweest om de omgevingsfoto's bij deze locatie te bekijken. Daaruit blijkt dat het meetpunt is gezet op enkele meters afstand van een groot werk, waarschijnlijk een rioolverzamelpunt inclusief rioolgemaal. De aanname is dat rond dit werk de grond is vergraven, de kleilaag is verwijderd en is aangevuld met omgevingsmateriaal. Dat lijkt te worden bevestigd met nabijgelegen boorbeschrijvingen. De bovenste 70 cm wordt omschreven als "volledig puin, Voorgraven" en het grovere materiaal (Zand, matig fijn, zwak silt-houdend, matig grindhoudend) dat in boorbeschrijvingen in de omgeving pas vanaf 7,9 à 8,9 meter boven NAP voorkomt, wordt in ZV06 ondieper teruggevonden, al vanaf 9,7 meter. Om deze reden wordt ZV06 niet meegenomen in de analyse.

6.2 Analyse

Het blijkt dat niet van alle meetlocaties een boorbeschrijving beschikbaar is. Uiteindelijk zijn er 29 punten waar zowel een boring als een meetreeks beschikbaar is (zie *Figuur 12*). Van die set valt meetpunt ZV06 af. In dit stadium van het onderzoek vindt de analyse van de grondwaterstand alleen op de 28 (is 29-1) locaties plaats.

Van de 39 meetpunten ontbreken dus 10 boorbeschrijvingen.



Figuur 12 Overzichtskaart grondwatermeetpunten met en zonder boorbeschrijving

6.3 Verwerking data

Verwerking boorbeschrijvingen

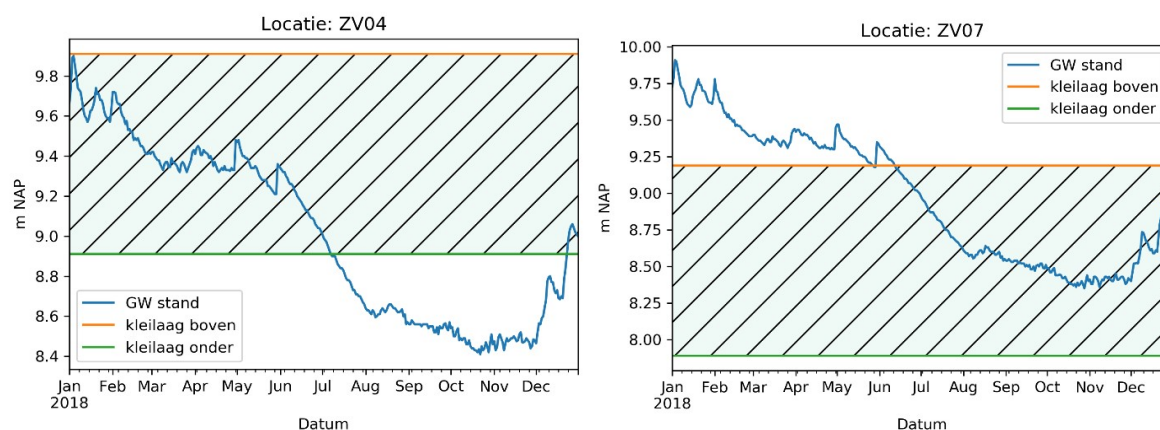
Van alle boorbeschrijvingen is de boven- en onderzijde van de kleilaag afgelezen en genoteerd.

Verwerking meetreeksen

- In Python zijn de aangeleverde reeksen in CIW formaat ingelezen.
- In de analyse zijn de meetreeksen op dagbasis geanalyseerd. Omdat er frequent (elk half uur) wordt gemeten is besloten om de mediane waarde van de grondwaterstand per dag te bepalen en daarmee de analyse uit te voeren.
- De analyse richt zich op het peilverloop in 2018.

Het blijkt dat van de 29 peilbuizen er 2 geen enkele meting in 2018 hebben. Het betreft ZV02 en ZV17. Beide worden dus niet meegenomen in de analyse waardoor 26 locaties overblijven.

Per meetpunt is nu de grondwaterstand t.o.v. de kleilaag te bepalen (zie beide voorbeelden in *Figuur 13*).



Figuur 13. Verloop grondwaterstand in 2018 en ligging kleilaag op meetlocatie ZV04 en ZV07.

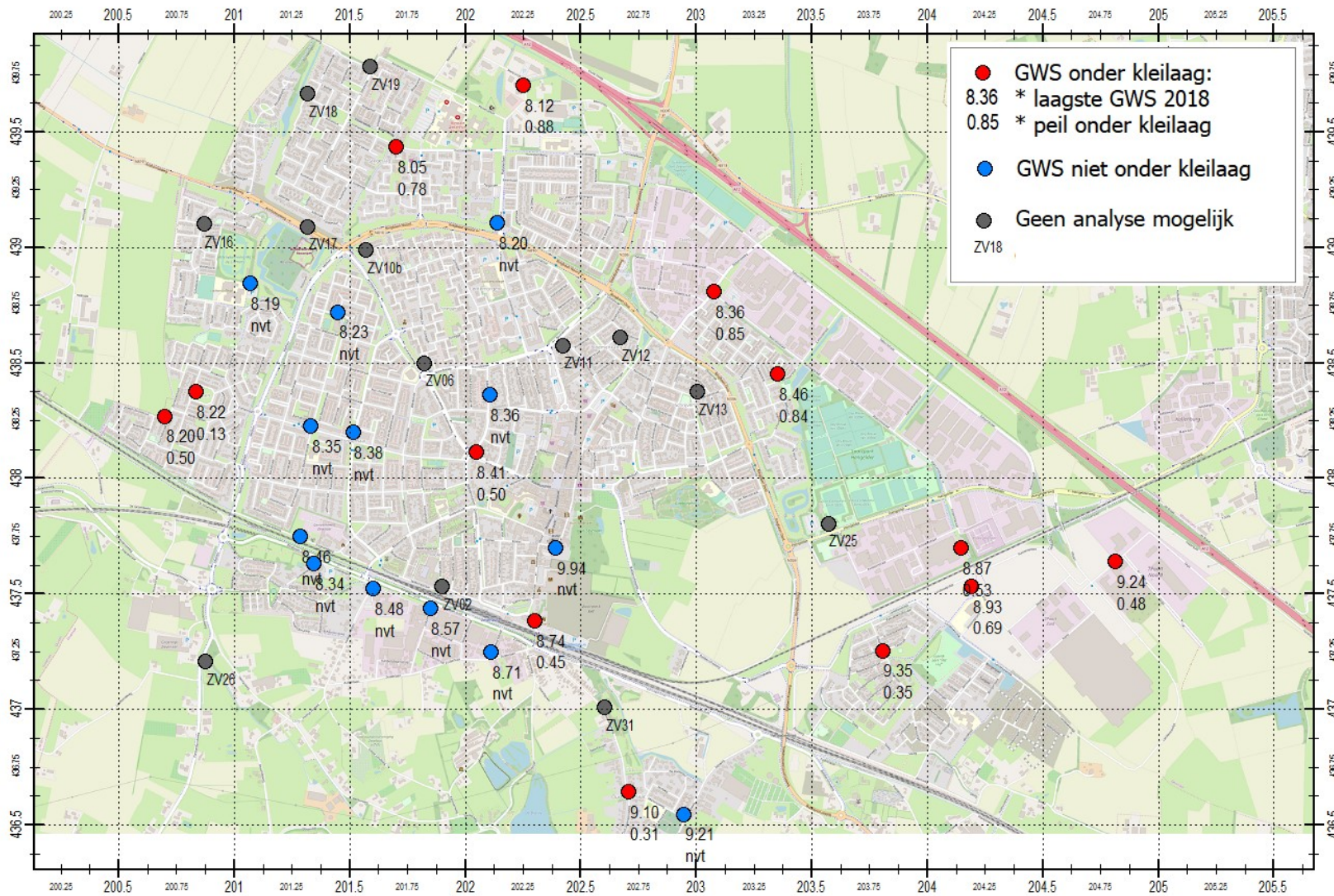
Per locatie is nu berekend hoeveel dagen de grondwaterstand onder de kleilaag is terecht gekomen. Daarnaast is de laagste grondwaterstand en de diepte onder de kleilaag bepaald. Het resultaat van de analyse is te vinden in Tabel 7.

Tabel 7. Analyse resultaten.

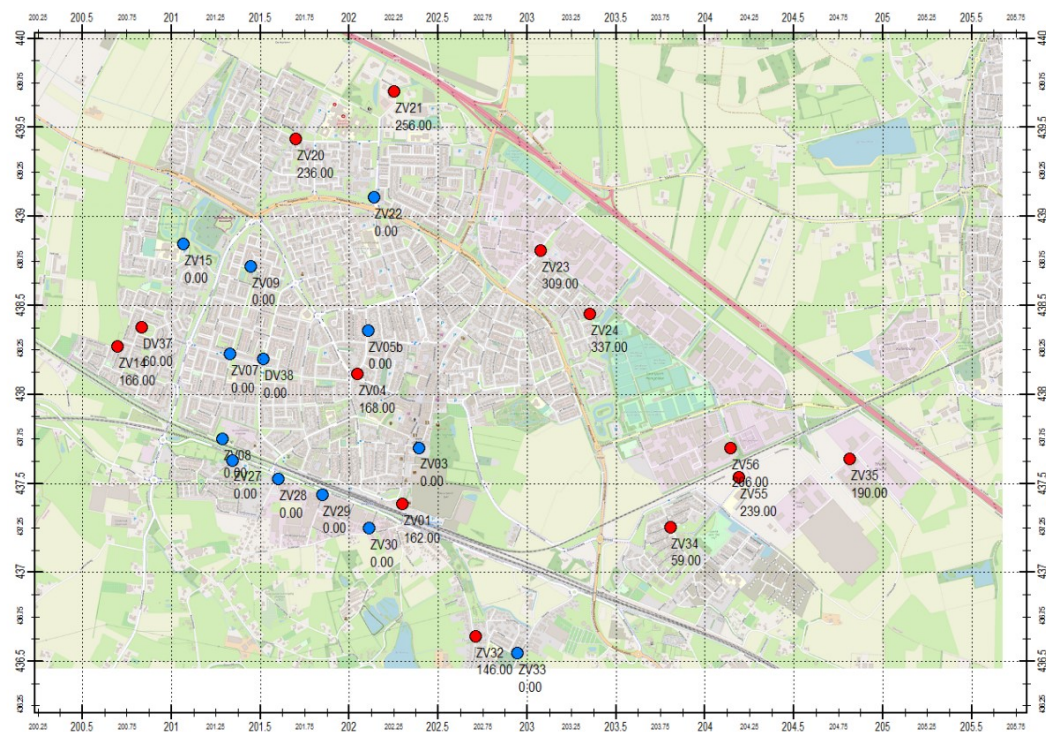
Boring	bovenkant kleilaag [NAP]	onderkant kleilaag [NAP]	periode	aantal dagen met meting	aantal dagen onder kleilaag	laagste GW stand	laagste GW stand onder kleilaag
DV37	9.95	8.35	2018	365	60	8.22	0.13
DV38	9.94	8.34	2018	365	0	8.38	nvt
ZV01	10.49	9.19	2018	365	162	8.74	0.45
ZV03	9.72	9.02	2018	365	0	9.94	nvt
ZV04	9.91	8.91	2018	365	168	8.41	0.50
ZV05b	9.68	8.28	2018	364	0	8.36	nvt
ZV07	9.19	7.89	2018	365	0	8.35	nvt
ZV08	10.02	8.02	2018	365	0	8.46	nvt
ZV09	10.13	7.63	2018	365	0	8.23	nvt
ZV14	9.90	8.70	2018	365	166	8.20	0.50
ZV15	9.68	7.88	2018	365	0	8.19	nvt
ZV20	10.03	8.83	2018	362	236	8.05	0.78
ZV21	10.10	9.00	2018	265	256	8.12	0.88
ZV22	10.17	7.17	2018	361	0	8.20	nvt
ZV23	10.11	9.21	2018	365	309	8.36	0.85
ZV24	10.40	9.30	2018	365	337	8.46	0.84
ZV27	10.53	7.83	2018	360	0	8.34	nvt
ZV28	9.70	7.60	2018	365	0	8.48	nvt
ZV29	10.32	8.42	2018	356	0	8.57	nvt
ZV30	11.38	8.28	2018	365	0	8.71	nvt
ZV32	9.51	9.41	2018	351	146	9.10	0.31
ZV33	10.96	8.46	2018	365	0	9.21	nvt
ZV34	10.80	9.70	2018	188	59	9.35	0.35
ZV35	10.72	9.72	2018	365	190	9.24	0.48
ZV55	10.52	9.62	2018	365	239	8.93	0.69
ZV56	11	9.4	2018	365	206	8.87	0.53

6.4 Uitkomsten

- Bij 13 van de 26 locaties komt de grondwaterstand onder de kleilaag uit (Zie ook figuur 14).
- Maximaal komt de grondwaterstand 88 cm lager dan de kleilaag (meetpunt ZV21).
- 2 van de 26 meetreeksen hebben een onvolledige reeks, tot maximaal juli en september.
- Meest kritische locaties lijken ZV23 en ZV24 in de buurt Hengelder. Daar ligt de grondwaterstand meer dan 80% van het jaar onder de kleilaag (zie ook *Figuur 15*).



Figuur 14. Overzichtkaart. Analyse van grondwaterstandverloop ten opzichte van de kleilaag.



Figuur 15. Overzichtskaart. Aantal dagen in 2018 dat de grondwaterstand onder de kleilaag ligt.

7 Conclusies en aanbevelingen

7.1 Conclusies

7.1.1 Afstand tussen vegetatie en bouwdelen

Uit eerdere onderzoeken (De Lange et. al. 2009) is reeds gebleken dat beschadigingen aan woningen met name verband houden met het 'gedrag' van de kleilaag waarop de woningen (op staal) zijn gefundeerd. De vochthuishouding van de kleilaag is daarbij een belangrijk aspect in verband met de krimp- en zwel-eigenschappen van de klei.

De veranderingen in de vochthuishouding van deze kleilaag wordt door allerlei invloeden bepaald, zoals directe verdamping van water, het potentiële neerslagtekort en een eventuele aanvulling van vocht vanuit het grondwater. De invloed van vegetatie op de vochthuishouding van deze kleilaag, zeker als deze zich onder een zandige toplaag bevindt, is veel groter dan ruimtelijke verschillen in andere factoren, zoals wind en insolatie (direct zonlicht) van de bodem. Gebrek aan directe verdamping draagt wel bij aan een beperkter vochtverlies onder woningen. Wanneer het grondwater nog contact maakt met de klei kan het vochtverlies door verdamping door vegetatie (en beperkter, het damptransport gedreven door oppervlakteverdamping) nog grotendeels worden gecompenseerd door capillaire opstijging vanuit het grondwater. Wanneer het grondwaterpeil te ver zakt, valt dit weg en versnelt de uitdroging.

Geïnterviewd is hoe groot de afstanden zijn tussen de opgaande vegetatie (bomen en hogere struiken) en bouwdelen van opstallen (woningen). Uit literatuuronderzoek is gebleken dat in Groot Brittannië op basis van uitgebreid onderzoek minimum afstanden worden geadviseerd tussen opstallen en opgaande vegetatie. Onderzocht is in hoeverre bij 200 adressen waar schade is gemeld deze afstanden groter of kleiner zijn dan deze minimumafstanden. Hieruit kwam naar voren dat bij bijna 70% van het aantal van deze adressen de afstand kleiner is dan in Groot Brittannië als minimumeis wordt aangehouden. Dit betrof zowel gemeentelijke als particuliere vegetatie.

Niet onderzocht hoe de afstanden liggen van gebouwen op adressen waar geen schade is gemeld.

In Nederland zijn geen eisen of normen bekend omtrent de aan te houden afstanden tussen woningen en opgaande vegetatie. Omdat de voorwaarden waarmee de normen uit Groot Brittannië zijn opgesteld niet in alle opzichten vergelijkbaar zullen zijn met de Nederlandse omstandigheden (de geotechnische omstandigheden en bouwtechnische funderingspraktijk verschillen vaak per land) zijn (en blijven) de GB-richtlijnen voornamelijk indicatief -en niet meer dan dat-.

Het is op grond van de beschikbare data niet mogelijk gebleken om statistisch onderscheid te maken tussen verschillende boomsoorten en hun waterbehoefte.

7.1.2 Beweging van punten in de bebouwde omgeving op basis van InSAR-data

In de periode 2015-2018 daalt de maaiveldhoogte van wegen zeer gering; van ander maaiveld dan wegen is de gemiddelde dalingssnelheid in het algemeen vrij klein (4 mm daling tot 1 mm stijging/jaar). Wel zijn er incidenteel plekken gemeten met veel grotere verzakkingen rond 27 mm/jaar. Dit betreffen zeer waarschijnlijk foutieve metingen. De daling van woningen en gebouwen wisselt sterk met uitschieters met een daling van 6 à 7 mm/jaar.

Er is seizoendynamiek, waarbij clusters van punten een soortgelijke seizoenale beweging laten zien. Zeer lokaal

wordt in het droge jaar 2018 in de zomer en najaar een duidelijk versterkte daling aangetroffen, vooral goed te zien in enkele achtertuinen. De daling herstelt zich grotendeels of vrijwel geheel na deze periode. Diverse woningen en gebouwen vertonen ook een duidelijke seizoenale beweging waarbij het pand tot enkele centimeters op en neer beweegt. Duidelijke aanwijzingen voor een versterkte daling in de zomer van 2018 ten opzichte van het zomerseizoen in voorgaande jaren zijn niet gevonden in de dataset.

7.1.3 **De relatie tussen de afstand tot de vegetatie en de mate van daling en stijging van gebouwen**

Teneinde meer grip te krijgen op de vraag in hoeverre kleinere afstanden dan volgens de adviezen in Groot Brittannië relevant kunnen zijn is dit nader bekeken door middel van zettingsonderzoek op basis van InSAR-data.

Uit de relatie tussen de waargenomen daling en stijging van de gebouwen waarvan schademeldingen zijn geregistreerd en de afstand van al dan niet aanwezige bomen en opgaande struiken, blijkt dat de aan- of afwezigheid van deze vegetatie en het ontwikkelingsstadium daarvan (hoogte) slechts in geringe mate indicatief is voor de waargenomen hoogteverschillen.

Er is een licht statistisch verband, maar er is een grote spreiding in de gevonden hoogtebewegingen in relatie tot de afstand tussen vegetatie en woningen.

Dit betekent dat met de gehanteerde methode de rol van de vegetatie niet duidelijk aanwijsbaar is.

7.1.4 **Grondwaterstand in relatie tot de kleilaag**

Een belangrijk gegeven is of de grondwaterstand in droge jaren nog tot in de bovenliggende kleilaag blijft, of dieper wegzakt en tot onder de kleilaag daalt. Als de kleilaag 'droog' valt, is een sterkere zetting te verwachten.

Van 26 meetlocaties in de bebouwde kom van Zevenaar zijn meetgegevens van het grondwater over het droge jaar 2018 beschikbaar en is ook de dikte van de kleilaag bekend. Het blijkt dat in de helft van de punten het grondwater dieper wegzakt dan de kleilaag. Het aantal dagen dat dit het geval is varieert van 60 tot 337 per meetlocatie, en de maximale zakking per meetpunt varieert van 13 cm onder de kleilaag tot 88 cm.

7.2 **Aanbevelingen**

7.2.1 **Beheer van opgaande vegetatie die niet voldoet aan de aanbevolen minimumafstanden**

Indien de gemeente Zevenaar een meer gedetailleerd beeld wil vormen over de schademeldingen en de relatie met aanwezige begroeiing, kan op een aantal punten actie worden ondernomen. In willekeurige volgorde:

Onderzoek

- Validatie van de aard van de schademeldingen (o.a. op welke plaatsen van de gebouwen), alsmede inventarisatie van funderingsdiepte en kwaliteit van de fundering. Op basis hiervan zou onder meer de indeling van de mogelijke bijdrage van beplantingen aan het optreden van schade kunnen worden verfijnd.
- Verfijnen van het grondpeilbuizennet, met name gericht op gebieden waar het grondwater tot onder het kleidek weg kan zakken.
- Check van andere wateronttrekkende oorzaken dan groen, zoals bijv. drainerende riolering.
- Meer concrete case-studies? De indicaties berusten nu op richtlijnen die zijn opgesteld op basis van 'legitieme' aannames, (buitenlandse) ervaringen en expert-judgement. Het blijven echter modellen waaraan geen 'bewijs' voor een oorzakelijk verband kan worden ontleend. Daarvoor zou op zijn minst meer bekend moeten zijn over het verspreidingspatroon en de aanwezigheid van boomwortels op de schadelocaties.

- Aanvullend onderzoek naar de relatie tussen de afstanden tussen bomen/groen en op staal gefundeerde bebouwing waar *geen* schade is gemeld, zou aanvullende inzichten kunnen opleveren. Ook voor deze gevallen verdient validatie van de afwezigheid van schade aanbeveling.

Beheer/inrichting

- Bij inboet en herinrichting rekening houden met de beschreven richtlijnen, en boomsoortenkeuze. Met speciale aandacht voor situaties waarbij opgaande bomen en struiken vlak bij de woningen liggen (dit vraagt om "maatwerk").
- Indien noodzakelijk kan het effect van bestaande bomen worden verminderd door verwijdering en vervanging door een boom met een geringere waterconsumptie. Ook kan dit worden bereikt door een ingrijpende snoei of kandelaberen. Bedacht moet worden dat in gevoelige situaties, plotselinge ingrepen (geheel verwijderen van een boom), ook kunnen leiden tot schade.
- In de eerder uitgevoerde studie (De Lange et al. 2009) zijn ook aanbevelingen gedaan om door gerichte irrigatie tijdens een droge zomer of het plaatsen van zgn. wortelschermen de uitdroging van de kleilaag door bomen te minimaliseren of te voorkomen. Deze aanbevelingen gelden nog steeds. Het blijft echter 'maatwerk' en de maatregelen zullen moeten worden afgestemd op de mogelijkheden, noodzaak en te verwachten effecten per situatie.

Particuliere tuinen: (bomen, betegeling, et cetera)

In het kader van het voorgaande moeten adviezen hierover naar de huiseigenaren wellicht ook worden gezien in een breder perspectief. Waarbij bijvoorbeeld wordt aangemoedigd om (voor)tuinen niet geheel te bestraten met het oog op de berging en afvoer van regenwater en gewenste natuur in de stad. Ook het besef dat grote bomen een belangrijke bijdrage leveren aan de vermindering van het zgn. Urban Heat Island effect², kan hierin worden meegenomen. Het opstellen van dit soort adviezen lijkt een aangewezen taak, maar ook 'uitdaging' voor de afdelingen van de gemeente die zijn belast met publieke voorlichting en communicatie.

Voor algemene technische aanbevelingen (o.a. wortelschermen, gerichte irrigatie) wordt verwezen naar de eerder uitgebrachte rapportage (De Lange et al. 2009).

7.2.2 Grondwater

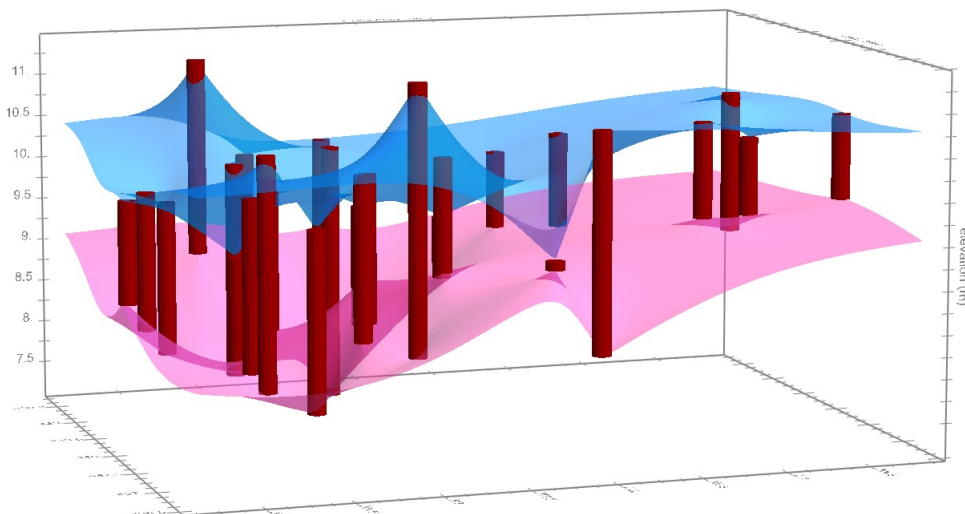
In figuur 14 is te zien dat in veel meetpunten de analyse niet gedaan kan worden. In de meeste gevallen omdat op dit moment de boorprofielen niet beschikbaar zijn en daarmee de ligging van de kleilaag onbekend. Het gaat om 10 meetpunten. Deze punten liggen niet willekeurig verspreid. Het lijkt met name te gaan om punten in of rond de wijken Stegeslag, Lentemorgen en Schrijvershoek.

Er zijn 2 manieren om toch op deze locaties dezelfde analyse te kunnen doen.

- De aanbevolen optie is om na te gaan of de boringen toch in het archief te vinden zijn.
- Het is ook mogelijk om een schatting te doen van de ligging van de kleilaag. Dat kan als volgt.
Op 28 punten is de ligging van de kleilaag bekend. Tussen die punten is een interpolatie gemaakt van de mogelijke ligging van de kleilaag. Het 3D beeld daarvan is zichtbaar in Figuur . Dat 3D beeld kunnen we gebruiken om op de meetlocaties zónder boorbeschrijving alsnog te kunnen inschatten wat de ligging van de kleilaag is.

Als de set boorgegevens is aangevuld op bovenstaande wijze passen we dezelfde methode toe om te bepalen hoe lang en hoe diep de grondwaterstand onder de kleilaag ligt.

² Ook in een dorpskern van de omvang van Zevenaar kan het Urban Heat Island effect tot hogere temperaturen overdag leiden. Overdag, maar met name ook in de namiddag, avond en eerste deel van de nacht. (Hove et al. 2011).



Figuur 16. Inschatting van de ruimtelijke verspreiding van de kleilaag op basis van interpolatie tussen boringen.

Rol groen m.b.t. grondwaterstanden

Naast het completeren van de gegevens over de bodemopbouw van alle meetpunten, zou een analyse van de relatie tussen bomen en het wegzakken van de grondwaterstand nog nader geanalyseerd kunnen worden. Een goede beschrijving van de omgeving van het meetpunten kan hier nader licht op werpen.

Voorts verdient het aanbeveling nader te kijken wat de gezamenlijke rol van bomen en groen is voor de daling op wijkniveau. Hierbij zou mogelijke lekkage van riolen en de rol van peilverlagingen van het oppervlaktewater in en rond Zevenaar kunnen worden meegenomen.

Een andere manier om de achterliggende oorzaak van het wegzakken van de grondwaterstanden te achterhalen zijn tijdreeksanalyses. Hiermee kan wellicht worden aangetoond dat deze daling niet alleen door verdamping (evapotranspiratie) kan worden verklaard. Drainerend oppervlaktewater ligt op afstand.

Voorkómen van het wegzakken van grondwater onder de kleilaag

Als de krimp-zwel van het kleidek verminderd kan worden door de grondwaterstand niet onder de kleilaag te laten zakken dan kan hier bij de groene en hydrologische inrichting van de openbare en particuliere ruimten van Zevenaar op worden ingespeeld. Dit vergt een ontwerp van de openbare en particuliere ruimte waarbij meer regenwater kan infiltreren, en eventueel de aanleg van buffervijvers (sloten) waar een peilbeheer wordt ingesteld instellen dat daling van grondwater onder de kleilaag tegengaat. Deze sloten of vijvers kunnen tegelijk ook een onderdeel worden om wateroverlast bij veel neerslag/intensieve buien te bestrijden en ruimte bieden voor een groene inrichting die tijdens hittegolven het Urban Heat Island – effect tegengaat.

7.2.3 Voorstel voor meetraai in Zevenaar

Doel van dit deelonderzoek

Uit de uitgevoerde onderzoeken (grondwaterregiem t.o.v. kleilaag, satellietonderzoek naar maaiveldbeweging, literatuur en data-onderzoek naar verspreiding en watergebruik van bomen) is geen causale relatie tussen de wateronttrekking (bodemvocht, grondwater) van individuele bomen en de maaiveldbeweging. Weliswaar treedt er plaatselijk krimp-zwel op (vooral in 2018) en voorts zakt de grondwaterstand plaatselijk ver onder de kleilaag, maar er is geen causale relatie gevonden tussen deze twee processen en de schade aan huizen. Ruimtelijk is er weinig overeenstemming tussen zones met schade, locaties met sterke maaiveldbeweging op basis van satellietinventarisatie en de plaatsen met droogvallende kleilagen.

Om het inzicht in deze processen verder te verbeteren verdient het aanbeveling een aanvullend deelonderzoek uit te voeren om op lokale schaal deze processen nader te onderzoeken. Daarnaast verdient het aanbeveling

om ook aandacht te besteden aan de eventuele invloed van het rioolnetwerk. Waarschijnlijk is bij de aanleg van het rioolsysteem de kleilaag vergraven, en mogelijk vindt t.g.v. rioolbuis lekkage ook grondwaterdrainage plaats.

Voorgestelde aanpak aanvullend deelonderzoek

- Op basis van de schadebeelden, de satelliet informatie, de grondwaterinformatie en bomen inventarisatie wordt een locatie voor ons onderzoek geselecteerd.
- Hiervoor wordt een volwassen boom op enige afstand van de bebouwing geselecteerd.
- Tussen boom en bebouwing worden 7 ondiepe grondwater peilbuizen met filters in de zandlaag onder de kleilaag geplaatst: 2 peilbuizen in het wortelzone traject, 2 peilbuizen op een paar meter buiten dit traject, 2 op ca. 10 meter afstand. Eén peilbuis dient naast het riool te worden geplaatst. Plaatsing kan eventueel door Deltares worden uitgevoerd, maar beter door de contacten die de gemeente al heeft i.v.m. het bestaande stedelijk grondwatermeetnet.
- Het grondwater in deze peilbuizen wordt gemonitord met behulp van sensoren (frequentie 1 uur). De meetperiode dient zo snel mogelijk te starten en kan worden afgerond in de herfst.
- Tegelijkertijd kunnen op identieke locaties 6 bodemvocht meetpunten worden geïnstalleerd. Twee in de wortelzone, 2 een paar meter daarbuiten en 2 op ca. 10 meter buiten de wortelzone. Op deze locaties moeten vochtprofielen in de kleilaag worden gemonitord. Wij stellen voor om 1 locatie continu te monitoren en 5 locaties op discrete intervallen (14 dagen of maandelijks).
- Tussen boom en huis dienen een aantal "markers" (bijvoorbeeld verfstip op asfalt/trottoir) worden aangebracht waarlangs regelmatig een meetlint kan worden aangebracht. Langs dit meetlint moet dan regelmatig (op de zelfde plaatsen) de NAP hoogte worden gemonitord. Daarnaast kunnen ondiepe (metalen) peilmerken (ca. 12, ca. 50 cm diep) in de grond worden aangebracht. Beide NAP metingen kunnen maandelijks (liefst 2 wekelijks) worden herhaald (actie gemeente).

Uitvoering

Voorgesteld wordt om de installatie van dit meetnet door Eijkelpark te laten uitvoeren onder regie van het projectteam. De meetdata worden door het project team uitgewerkt. Het verdient aanbevelingen de metingen om de 2 maanden uit te laten lezen en aan het onderzoeksteam toe te leveren.

Literatuur

Association of British Insurers (ABI): Protecting your home from subsidence damage. <https://www.abi.org.uk>

Clay Research Group. 2010. Nieuwsbulletin nr. 60, mei 2010. 10 p. www.theclayresearchgroup.org.

Cutler, D.F. & I.B.K. Richardson. 1989. Tree roots and buildings. Longman Scientific and Technical, second edition. 71p.

Darlington Borough Council. 2014. Foundations Close to Trees. 4p.

Hove, L.W.A., G.J. Steeneveld, C.M.J. Jacobs, B.G. Heusinkveld, J.A. Elbers, E.J. Moors & A.A.M. Holtslag 2011. *Van Hove, L.W.A., G.J. Steeneveld, C.M.J. Jacobs, B.G. Heusinkveld, J.A. Elbers, E.J. Moors and A.A.M. Holtslag, 2011. Exploring the Urban Heat Island Intensity of Dutch cities; Assessment based on a literature review, recent meteorological observations and datasets provided by hobby meteorologists.* Wageningen, Alterra, Alterra report 2170. 60 pp.; 11 fig.; 13 tab.; 120 ref.

Kelm, R. & N. Wylie. ongedateerd. Which Way Is It Moving? Guidelines for Diagnosing Heave, Subsidence and Settlement. Forensic Engineers INC, Houston, Texas, USA. 22p.

Kopinga, J. 2009. De invloed van beworteling van bomen op het verzakken van funderingen van gebouwen op kleigronden. p. 113-145 in: De Lange, G; W.H.J. van der Velden; J. Kopinga; R.F. Hanssen; P. Marinkovic; J.T. Buma; N. Goorden & M.A.J. Bakker. 2009. Onderzoek naar zettingen in de gemeente Zevenaar. Deltares rapport nr. 2009-U-R79206. 160p.

Lange, G. de; W.H.J. van der Velden; J. Kopinga; R.F. Hanssen; P. Marinkovic; J.T. Buma; N. Goorden & M.A.J. Bakker. 2009. Onderzoek naar zettingen in de gemeente Zevenaar. Deltares rapport nr. 2009-U-R79206. 160p.

Lawson, M. 2012. Vegetation Related Subsidence of Low Rise Buildings. An analysis of the soil, climate and plant interaction as this relates to claim numbers 1975 – 2011. A paper presented to The Aston University, School of Engineering & Applied Science 20th June 2012. OCA UK Limited. 8p.

Meijer, M.; F. Rip; R. van Benthem; J. Clement & C. Van der Sande. 2015. *Boomkronen afleiden uit het Actueel Hoogtebestand Nederland; Kwaliteitsaspecten rondom het geautomatiseerd in kaart brengen van bomen op basis van het AHN2-bestand.* Wageningen, Alterra Wageningen UR (University & Research Centre), Alterra-rapport 2671. 86 blz.; 48 fig.; 31 tab.; 35 ref.

Mercer, J; A. Reeves & D. O'Callaghan. 2011. The relationship between trees, distance to buildings and subsidence events on shrinkable clay soils. Arboricultural Journal Vol. 33: 229-245.

National House Building Council (NHBC) Standards. 2013. 4.2. Building near trees. 23p.

Stadsbomenvademecum deel 4: Boomsoorten en gebruikswaarde. 2006. IPC Groene Ruimte, Arnhem. 423p.

Subsidence Claims Advisory Board (SCAB). 1999. Trees distances. subsidencebureau.com

Bijlage 1. Indeling van de door Cutler & Richardson (1989) boomgerelateerde schademeldingen naar percentage van het aantal meldingen en het de daarbij behorende afstandstraject (in meters).

Boomgeslacht	Botanische naam	Percentage van de schadegevallen				
		10%	15%	25%	25%	25%
Populier	Populus	20 – 30	15 – 20	11 – 15	6,5 – 11	1 – 6,5
Iep	Ulmus	19 – 25	12 – 19	8 – 12	5,5 – 8	1 – 5,5
Eik	Quercus	18 – 30	13 – 18	9,5 – 13	6 – 9,5	1,3 – 6
Wilg	Salix	18 – 40	11 – 18	7 – 11	4,5 – 7	1 – 4,5
Paardekastanje	Aesculus	15 – 23	10 – 15	7,5 – 10	5 – 7,5	1,5 – 5
Es	Fraxinus	13 – 21	10 – 13	6 – 10	4 – 6	1 – 4
Esdoorn	Acer	12 – 20	9 – 12	6 – 9	4 – 6	1 – 4
Beuk	Fagus	11 – 15	9 – 11	6 – 9	2 – 6	0,7 – 2
Linde	Tilia	11 – 20	8 – 11	6 – 8	4 – 6	1 – 4
Valse acacia	Robinia	10,5 – 12,4	8,5 – 10,5	7 – 8,5	4 – 7	2 – 4
Plataan	Platanus	10 – 15	7,5 – 10	5,5 – 7,5	4 – 5,5	1 – 4
Lijsterbes	Sorbus	9,5 – 11	7 – 9,5	5 – 7	4 – 5,5	2,1 – 4
Meidoorn	Crataegus	8,7 – 11,5	7 – 8,7	5 – 7	3 – 5	0,4 – 3
Appel/Peer	Malus/Pyrus	8 – 10	6 – 8	4 – 6	3 – 4	0,1 – 3
Berk	Betula	8 – 10	7 – 8	4 – 7	3 – 4	1,5 – 3
Kers	Prunus	7,5 – 11	6 – 7,5	3 – 6	2 – 3	1 – 2
Cipres	Chamaecyparis	5 – 20	3,5 – 5	2,5 – 3,5	1,5 – 2,5	1 – 1,5

Bijlage 2. De door Mercer et. al. (2011) geregistreerde schadegevallen (MRC), ingedeeld percentage schadegevallen en de daarbij behorende afstanden (in meters) in vergelijking tot de bevindingen (C&R) van Cutler & Richardson (1989).

"NA" = niet aangegeven door de bron. "Max" = maximaal gevonden afstand.

Boomgeslacht	50% MRC	50% C&R	75% MRC	75% C&R	90% C&R	Max. MRC	Max. C&R
Acer	6	6	9	9	12	18	20
Aesculus	9	7,5	15	10	15	18	23
Betula	4	4	6	7	8	7	10
Carpinus	5	NA	9	NA	NA	10	17
Cedrus	6	NA	12	NA	NA	17	NA
Crataegus	4	5	6	7	8,7	12	11,5
Cupressus	2	2,5	4	3,5	5	17	20
Eucalyptus	5,5	NA	10	NA	NA	15	NA
Fagus	6,5	6	8	9	11	13	15
Fraxinus	7	6	10	10	13	20	21
Malus	4	4	6	6	8	10	10
Pinus	7	NA	10	NA	NA	14	8
Platanus	7,5	5,5	10	7,5	10	18	15
Populus	12	11	17	15	20	30	30
Prunus	4	3	6	6	7,5	14	11
Pyrus	4	4	6,5	6	8	9	10
Quercus	10	9,5	13	13	18	28	30
Robinia	8	7	9	8,5	10,5	12	12,4
Salix	9,5	7	12	11	18	20	40
Sorbus	5	5	8	7	9,5	12	11
Tilia	7	6	10	8	11	18	20
Ulmus	9	8	10	12	19	15	25

Bijlage 3. Overzicht van de waterbehoefte c.q. waterconsumptie van verschillende algemeen voorkomen boomsoorten (ingedeeld in de klassen Hoog, Matig en Laag) en de hoogte (in meters) van de volgroeide bomen, zoals vermeld door de NBHC (2013) en het Stadsbomenvademecum deel 4 (2006).

"NA" = niet aangegeven door de bron.

Waterbehoefte	Boomsoort	Maximale hoogte (m)	
		NHBC	Stadbomenvademecum-4
Hoog	Iep	24	20 (25-30)
	Meidoorn	10	5-7
	Zomereik	20	20-30
	Amerikaanse eik	24	25
	Moseik	24	20-25
	Canadese populier	28	20-25
	Italiaanse populier	25	20-25
	Grauwe abeel	15	15-20 (20-25)
	Schietwilg	24	15-25
	Treurwilg	18	20-25
	Cipres	18-20	NA
Matig	Valse acacia	18	20-25
	Els	18	10-15
	Appel	10	3-5 (8-12)
	Gewone es	23	20-25
	Beuk	20	30
	Sierkers	9	4-7 (8-12)
	Laurierkers	8	NA
	Zoete kers	12	10-15
	Paardekastanje	20	15-25
	Tamme kastanje	24	20
	Linde	22	20-25
	Japanse esdoorn	8	NA
	Noorse esdoorn	18	15-20
	Lijsterbes	11	8-12
	Peer	12	10-15
	Plataan	26	20-30
	Pruim	10	NA
	Gewone esdoorn	22	20-25
	Hemelboom	20	15-20
	Walnoot	18	15-18
	Meelbes	12	8-12
	Ceder	20	NA
	Douglasspar	20	NA
	Lariks	20	NA
	Apenboom	18	NA
	Grove den	20	NA
	Fijnspar	18	NA
	Taxus	12	NA
Laag	Berk	14	15-20
	Vlier	10	NA
	Hazelnoot	8	15
	Hulst	12	NA
	Honingboom	14	15-20
	Haagbeuk	17	12-18
	Goudenregen	12	4-6
	Magnolia	9	6-8 (14-16)
	Moerbei	9	5-10 (8-15)
	Tulpenboom	20	20-25

Bijlage 4. De door de SCAB en de ABI minimaal in acht te nemen afstanden (in meters) tussen bomen en bouwwerken op krimpgevoelige gronden.

"NA" = niet aangegeven door de bron.

Boomgeslacht	Botanische naam	SCAB-minimaal	SCAB-maximaal	ABI-aanbeveling
Gewone esdoorn	Acer	12,0	20,0	17
Paardenkastanje	Aesculus	10,0	23,0	23
Berk	Betula	4,0	10,0	10
Cipres	Chamaecyparis	3,5	20,0	20
Meidoorn	Crataegus	7,0	11,5	12
Cipres	Cupressus	3,5	20,0	20
Beuk	Fagus	9,0	15,0	15
Es	Fraxinus	10,0	21,0	21
Hulst	Ilex	NA	NA	6
Walnoot	Juglans	NA	NA	14
Goudenregen	Laburnum	NA	NA	9
Magnolia	Magnolia	NA	NA	5
Appel	Malus	5,0	10,0	10
Spar	Picea	NA	NA	7
Plataan	Platanus	7,5	15,0	22
Populier	Populus	20,0	30,0	35
Kers, Pruim, Perzik	Prunus	6,0	11,0	11
Den	Pinus	NA	NA	8
Peer	Pyrus	5,0	10,0	10
Eik	Quercus	18,0	30,0	30
Valse acacia	Robinia	8,5	12,4	NA
Wilg	Salix	18,0	40,0	40
Lijsterbes / Meelbes	Sorbus	7,0	11,0	11
Taxus	Taxus	NA	NA	5
Linde	Tilia	8,0	20,0	20
Iep	Ulmus	12,0	25,0	30

Bijlage 5. Afstand tussen woningen en vegetatie per melding, vergeleken met de geadviseerde minimumafstand volgen de aanbevelingen van de NHBC (2013).

Indicatie: ++ = afstand veel kleiner dan vereist; + = afstand kleiner dan vereist; 0 = afstand voldoet aan de eis. NA = niet te bepalen of aan te geven. OG = Openbaar groen. Hoogte en afstanden in meters.

Melding	OG	Vermoedelijke boomsoort	Afstand	Hoogte	Indicatie	Opmerking
1	ja	Plataan	10	8	0	
2	ja	Eik	2	20	++	Zijgevel, in groenstrook
3		Blauwe ceder	4	18	++	Ceder in voortuin; ook opgaande bomen o.a. berk in achtertuin
4	ja	Blauwe ceder in tuin van nr 25	6	Tot 20m	++	Schademelding betreft middenwoning van een blok
5	ja	Es (2)	5	12	++	Zijgevel, in groenstrook met opgaande (> 5m) struiken
6		Eik (2)	10	18	++	Middenwoning; eiken aan zijgevel nr 2 (4m afstand)
7	ja	Geen (straat)bomen	—	—	NA	In 2004 nog een grote boom op 7m afstand van de gevel
8		Geen (straat)bomen	—	—	0	Hoekwoning andere zijde van blok 2, 4, 6, 8
9		Es; (fijn)spar	25; 3	20; 5	0; +	Spar is tuinbeplanting; Invloed knotwilg?
10	ja	Treurwilg; Linde	7; 7	15; 15	++; ++	
11	ja	Zomereik	10	20	++	
12	ja	Zomereik	10	20	++	
13	ja	Zomereik	10	20	++	
14	ja	Zomereik	15	20	+	Inboet met jongere boom
15	ja	Zomereik	10	10	0	Inboet met jongere boom
16	ja	Zomereik	10	20	++	
17	ja	Zomereik	10	20	++	
18	ja	Zomereik	10	20	++	
19	ja	Zomereik	10	20	++	
20	ja	Zomereik	10	20	++	Conifeer (4m) op 4 m afstand in voortuin
21	ja	Zomereik	10	10	+	Invloed bomen achterzijde? Bomen en coniferen > 4m in voortuin
22	ja	Zomereik	10	10	+	
23	ja	Zomereik	10	10	+	Bolacacia (4m afstand) in voortuin
24	ja	Zomereik	10	10	+	
25	ja	Zomereik	10	10	+	Bolacacia (4m afstand) in voortuin
26	ja	Es	6	15	++	
27		Es	18	15	+	Betreft aaneengesloten woonblok
28		Es; Laurierkers (?)	7; < 1	15; 3	++; ++	Kers is tuinbeplanting tussen 93 en 95
29	ja	Es; Laurierkers (?); coniferen haag; berk	14; < 1; 2; 3	15; 3; 3; 12	++; ++; 0; ++	M.u.v. Es, tuinbeplanting
30	ja	Es; Esdoorn	8; 6	12; 12	++; ++	
31	ja	Es; Esdoorn; coniferen haag	8; 6; tot < 1	12; 12; 3	++; ++; ++	
32		Linde	9	12	+	Ook grotere bomen/struiken in achtertuin
33		Esdoorn	8	12	++	2 m tot bijgebouw
34		Diverse opgaande bomen	ca. 15	Tot 15m	0	In achtertuin of achter achtertuin
35	ja	Haagbeuk	4	15	++	
36		Diverse opgaande bomen o.a. Plataan	9	15	+	In achtertuin of achter achtertuin
37		Haagbeuk	4	15	+	
38		Boomhazelaar	6	12	++	Boomhazelaar aan zijkant (Stegeslag)
39	ja	Eik	10	20	++	In of nabij achtertuin, niet aan de wegzijde
40	ja	Eik	10	20	++	In of nabij achtertuin, niet aan de wegzijde
41		Liriodendron	5	4	0	Tuinbeplanting; invloed bomen achterzijde mogelijk?
42		Geen opgaande beplanting	—	—	++	Invloed bomen achterzijde: es (15m hoog, 8 m afstand)
43		Berk; cipres	6; 6	7; 12	++; ++	Tuinbeplanting; invloed bomen achterzijde en haagbeuk in tuin mogelijk
44		Geen hoog opgaande (tuin)beplanting	—	—	-	Struiken max. 2m en niet 'klem' tegen gevel
45		Paardenkastanje; Goudiep	4; 4	10; 10	++; ++	Tuinbeplanting; (kleine) tuin staat 'bomvol' met bomen
46		Eik; Haagbeuk	20; 2	18; 6	0; ++	Invloed tuinbeplanting
47		Linde (2); eik	10; 5; 18	18	++; ++; 0	Invloed tuinbeplanting mogelijk
48	ja	Magnolia; Esdoorn	3; 4	6; 18	++; ++	Afstand tot bijgebouw = 1 m. Magnolia is tuinbeplanting. In het verleden Haagbeuk (10m) op 4 m afstand van gevel
49	ja	Beuk	7	15	++	
50		Beuk	5	15	++	

Bijlage 5 (vervolg-1)

Melding	OG	Vermoedelijke boomsoort	Afstand	Hoogte	Indicatie	Opmerking
51		Beuk; tuinbeplanting (divers)	5; 2-3	15	++; ++	Ook tuinbeplanting kan van invloed zijn
52		Esdoorn (in hoge onderbeplanting)	5	12	++	2 m tot bijgebouw (aanbouw)
53		Knotwilg; es; beuk	Var. 20; 10	5; 16; 12	NA; 0; 0	M.u.v. Knotwilg tuinbeplanting
54	ja	Meelbes; Eik	20; 7	6; 12	0; ++	Grote (3 x 1m) ligusterhaag tegen garage
55		Ulmus columella	8	12	++	Relatief jonge boom; grote struik (5m) op 3m afstand in voortuin
56		Linde (2)	4; 5	18	++; ++	
57		Japanse honingboom	11	12	0	
58		Beuk; es (groep)	5 – 8	>20	++	
59		Es; Cipres; Fijnspar	10; 1; 7	16; 4; 18	++; ++; ++	
60	ja	Linde (2)	5; 7	15; 18	++; ++	
61	ja	Zuileik; Zilverlinde	7; 7	18; 18	++; ++	
62		Zuileik	7	18	++	
63		Noorse esdoorn	4	18	++	
64		Noorse esdoorn	8; 8	16	++; ++	
65		Bruine treurbeuk; coniferengroep	2; <1	6; 3	++; ++	Tuinbeplanting
66		Plataan	6	16	++	
67	ja	Noorse esdoorn; els	10; 4	12; 12	0; ++	Els is tuinbeplanting
68	ja	Haagbeuk-geschoren (2)	4	8	++	Laagbouw-gedeelte
69	ja	Noorse esdoorn; beuk	12; 6	12; 16	0; ++	Esdoorn in gazonstrook
70		Walnoot	5	10	++	Erfbeplanting
71		NA	8	10	+	Erfbeplanting
72	ja	Bonte esdoorn; appel	4; 8	6; 7	0; +	Tuinbeplanting
73		Fijnspar	3	18	++	Tuinbeplanting
74		Berk; Magnolia; Araucaria	4; 4; 4	15; 6; 10	++; 0; 0	Tuinbeplanting
75		Geen opgaande beplanting			0	
76		Es	9	12	++	
77	ja	Berk	5	15	++	Tuinbeplanting
78	ja	Es	8	18	++	
79	ja	Es	8	18	++	
80	ja	Es; Gew. Esdoorn; Laurierkers; Sierkers	7; 5; 5; 10	18; 12; 6; 6	++; ++; 0; 0	M.u.v. Es, tuinbeplanting
81	ja	Esdoorn; Magnolia	20; 4	12; 6	0; +	Magnolia in tuin
82	ja	Zomereik	8	20	++	Hoge beplanting, o.a. cipres (> 8 m) tussen 1 en 3
83	ja	Zomereik	8	20	++	
84	ja	Zomereik	9	20	++	
85	ja	Zomereik	8	20	++	
86	ja	Zomereik	9	7	0	Veel struiken in voortuin
87	ja	Zomereik	9	20	++	Veel struiken in voortuin
88	ja	Zomereik	8	20	++	Spar (7m) in voortuin en hoge beplanting, o.a. cipres (> 8 m) tussen 1 en 3
89	ja	Zomereik	8	20	++	3 leilinden (4m) op 1m uit de voorgevel
90	ja	Zomereik	8	20	++	
91	ja	Zomereik	7	20	++	Fijnspar (8m) in voortuin en Berk (18m) in achtertuin tussen 8 en 6A
92	ja	Zomereik	7	20	++	Fijnspar (8m) in voortuin en Berk (18m) in achtertuin tussen 8 en 6A
93	ja	Zomereik	8	20	++	
94		Es; ceder	12; 6	15; 10	0; ++	Coniferen + walnoot (ca. 6 m) in voortuin op 6 m afstand
95		Perzische kers	10	7	0	
96		Eik	7	15	++	
97	ja	Goudiep	6	4	0	Veel struiken in voortuin; Opgaande coniferen in achtertuin (+; ++)
98		Bruine beuk	7	15	++	
99		Esdoorn	10	10	0	
100	ja	Linde	10	15	+	

Bijlage 5 (vervolg-2)

Melding	OG	Vermoedelijke boomsoort	Afstand	Hoogte	Indicatie	Opmerking
101	ja	Esdoorn	8	12	++	Opgaande beplanting (> 2m) in zijtuin
102		Geen (straat)bomen	—	—	0	Geen opgaande struiken in voortuin
103		Geen straatbomen	—	—	++	Fijnspar (12m) op 3 m en sierkers (5m) op 4m afstand in voortuin
104	ja	Japanse kers	20	8	0	Linde (8m) in achtertuin
105	ja	Linde	10	20	++	Loofboom (12m), tuinbeplanting op 3 m afstand uit de gevel
106		Linde	10	20	++	Invloed cipres (10m) achtertuin mogelijk
107	ja	Linde	10	20	++	Walnoot (12m) op 2 m afstand bijgebouw achtertuin
108		Linde	7	15	++	Invloed bomen achterzijde?
109	ja	Zomereik	7	20	++	
110		Geen opgave mogelijk	—	—	NA	Huisnummer niet gespecificeerd
111		Linde	8	15	++	Invloed sierkers (4m) op 2 uit de gevel mogelijk
112	ja	Linde; Beuk	7; 7	15; 18	++; ++	
113	ja	Linde; Beuk	20; 10	4; 12	0; +	Linde zijkant woonhuis meer effect; Invloed beplanting achtertuin en zijtuin? Beuk op van de schuur (++) en 12 m van gevel (—)
114	ja	Linde; Es	9; 4	15; 12	++; ++	Es zijkant woonhuis meer effect; Invloed beplanting voortuin mogelijk
115		Geen (straat)bomen in nabijheid; inboet?	—	—	++	Invloed bomen achterzijde 3m afstand, 10m hoog (++)
116	ja	Plataan (geknot)	6	15	++	
117	ja	Plataan (geknot)	6	15	++	
119	ja	Plataan (geknot)	6	15	++	Invloed bomen achterzijde mogelijk
120	ja	Plataan	20	20	0	Invloed bomen achterzijde mogelijk
121	ja	Plataan (geknot)	6	15	++	Twee bolacacia's (4m) in voortuin op 2 m afstand uit gevel
122	ja	Plataan; Rode esdoorn	12; 20	20; 12	++; 0	
123		Linde	8	18	++	
124	ja	Linde	5	10	++	
125	ja	Es	8	12	++	Invloed bomen tuin buurman mogelijk
126	ja	Es	8	12	++	Es aan de zijkant (4m afstand) mogelijk meer invloed
127	ja	Plataan	4	20	++	
128		Geen (straat)bomen	—	—	++	Invloed voortuin (Sierkers); of hoge conifeer zijkant/achterkant
129		Geen (straat)bomen	—	—	++	Invloed hoge walnoot (12) aan zijkant
130		Geen (straat)bomen	—	—	++	Invloed hoge bomen in tuin
131	ja	Geen (straat)bomen	—	—	NA	Invloed berken (> 6m afst.) in voortuin en hoge eik (20m, 15m afst.) en paardenkastanje (20m, 10m afst.) mogelijk
132		Eik (in perk)	4	18	++	Afstand tot serre = 4m; tot hoek gevel 7m
133	ja	Meelbes	7	10	+	
134	ja	Meidoorn	6	10	++	Invloed tuinbeplanting (2m) zijkant mogelijk
135		Sierkers	15	8	0	Invloed boompjes langs de zijkant van de schuur mogelijk
136	ja	Es	3	15	++	
137	ja	Boomhazelaar; Heesterbepalting (zijgevel)	8; 0	7; 1	0; ++	Invloed 3 coniferen in voortuin mogelijk. Linde zijgevel (20m) gescheiden door rijweg. Heesterbeplanting tegen zijgevel van het blok
138	ja	Geen (straat)bomen	—	—	++	Hoge boom op 6m van zijgevel; invloed struiken (tot 8m hoogte) in zijtuin mogelijk
139		Els	3	12	++	Afstand tot garage
140		Beukenheg; Bolcatalpa	1; 3	2; 2	++; 0	Tuinbeplanting
141	ja	Es	8	15	++	Invloed rode beuk (4m) op 3 m afstand garage zeer waarschijnlijk
142		Eik	14	20	++	Eik langs Arnhemseweg
143		Cypres; Lijsterbes	1; <1	5; 9	++; ++	Lijsterbes staat 'klem' tegen bijgebouw. Tuinbeplanting, Opgaand groen in achtertuin
144	ja	Eik (2)	10	15	+	Eiken aan zijgevel (zijstraat)
145		Geen (straat)bomen aan die zijde	—	—	0	
146	ja	Linde; Araucaria	6; 4	12; 8	++; ++	Linde aan zijkant; Araucaria in voortuin
147	ja	Robinia	12	18	++	
148	ja	Robinia	12	18	++	Robinia achter zijgevel
149	ja	Eik	12	20	++	Eiken aan zijgevel (zijweg)
150	ja	Geen (straat)bomen; Robinia (2x)	15	15	0	Bomen aan zijkant in tuin of groenstrook (indien niet gesnoeid: +)

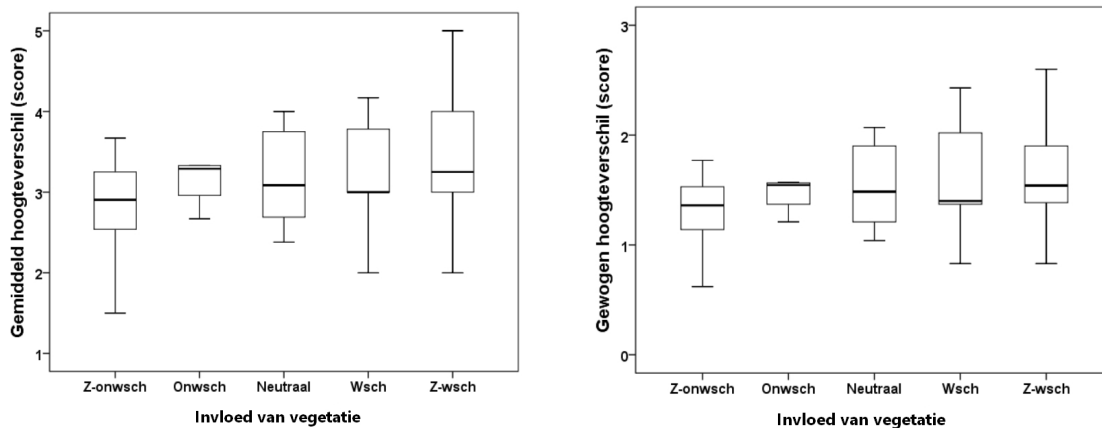
Bijlage 5 (vervolg-3)

Melding	OG	Vermoedelijke boomsoort	Afstand	Hoogte	Indicatie	Opmerking
151	ja	Eik	15	20	+	Eik aan zijkant lang zijweg
152	ja	Haagbeuk	10	8	0	Tussenwoning, Eiken langs zijkant mogelijk van invloed
153		Geen (straat)bomen	—	—	0	Of gaat het om nr 25?
154		Metasequoia	12	18	0	Metasequoia aan overzijde straat, zware boom(6m) op 5 m afstand in achtertuin 'klem' tegen schuur
155		Els	3	15	++	
156		Geen straatbomen in nabijheid	—	—	+	Coniferen 4-5m in voortuin op 1-5m afstand gevel
157		Geen (straat)bomen	—	—	0	
158	ja	Gleditsia; Schietwilg	13; 17	18; 20	+, 0	Gleditsia in groenstrook schuin voor hoek woning
159	ja	Esdoorn	10	12	+	
160		Linde	10	10	++	Knotplataan (5m) op 4m afstand gevel in voortuin
161		Schietwilg	5	8	++	Tuinbeplanting
162	ja	Esdoorn	15	15	0	Ook opgaande struiken en bomen (>2m) dicht tegen gevel (++)
163		Geen hoog opgaande (tuin)beplanting	—	—	++	Hoog opgaande coniferen (8m) en Magnolia (6m) in tuin nr. 4 (afst. 5 m)
164		Geen hoog opgaande (tuin)beplanting	—	—	+	Perzische Kers (6m) in achtertuin
165		Beuk; Fijnspar; den; Laurierkers	5; 5; 3; 3	10; 10; 3; 3	++, +; 0; 0	Tuinbeplanting
166		Taxus	1	7	++	Tuinbeplanting
167		Geen straatbeplanting	—	—	++	Invloed Araucaria (10m, 4m afst.) voorzijde
168	ja	Geen straatbomen in nabijheid	—	—	+	Haagbeuk (8m) in groenstrook op ca 4m van bijgebouw en 9m van hoofdgebouw
169	ja	Es	6	12	++	
170		Esdoorn	15	15	0	2 bolacacia's in voortuin op 4 m afstand
171		Esdoorn	15	10	0	
172	ja	Gew. Esdoorn; Kers	4 – 7; 9	16; 9	++, 0	Esdoorn op 4 m van bijgebouw, 7 m van gevel en haag op 2 m van gevel
173	ja	Plataan; Linde	20; 10	20; 20	0; ++	Goudiep (10m), voortuin, op 4 m afstand van gevel
174	ja	Plataan	10	20	++	
175	ja	Plataan	10	20	++	Taxus (4m) in voortuin op 4m afstand, verder wat struiken dichterbij gevel
176	ja	Plataan	10	20	++	
177	ja	Plataan	10	20	++	
178	ja	Plataan	10	20	++	Invloed tuinbeplanting met struiken mogelijk
179	ja	Plataan; Linde	18; 10	20; 16	0; +	Linde in Mesdagstraat
180	ja	Plataan	10	20	++	
181	ja	Plataan	10	20	++	
182		Geen (straat)bomen in nabijheid	—	—	0	Meerdere lage struiken (ca. 1m) in voortuin
183	ja	Linde	7	15	++	In groenstrook langs zijgevel
184		Plataan	20	24	0	Plataan aan overzijde asfaltweg
185	ja	Plataan	10	24	++	
186	ja	Spaethi els (overzijde smalle asfaltweg)	8	15	++	Struik (appel?) 6m dicht bij zijgevel (1m), in groenstrook
187	ja	Rode esdoorn	2	12	++	
188	ja	Linde	5	18	++	Zijkant gevel
189	ja	Geen (straat)bomen	—	—	0	Kers op 4m van de schuur (++); 11m van de gevel (--)
190	ja	Haagbeuk	8	20	++	Bomen onlangs gerooid
191	ja	Appel	3	10	++	In groenstrook langs zijgevel
192	ja	Geen (straat)bomen	—	—	0	Mogelijke invloed van beukenhaag (2m hoog) langs de gevel
193	ja	Berk	3	15	++	Spar (10m) in voortuin
194	ja	Paardenkastanje	10	15	+	Coniferen (3m) in voortuin en hoge struiken (3m) langs zijgevel
195	ja	Linde	5	18	++	Langs zijgevel in groenstrook
196	ja	Appel	3	9	++	Langs zijgevel in groenstrook
197	ja	Eik	6	20	++	Langs zijgevel in groenstrook
198	ja	Bruine beuk	3	10	++	Langs zijgevel in groenstrook (of tuin burel)
199	ja	Linde	10	20	++	Schuin op zijgevel, in groenstrook
200		Linde	9	20	++	Aan overkant van een smalle asfaltweg; Struik (kers?), 5 m hoog, op 3m afstand voorgevel
153A		Metasequoia	3-6	20	++	In zijstraat, aan zijgevel aanbouw; 6m tot zijgevel huis

Bijlage 6. Boxplot van berekeningen van de gemiddelde scores van de verticale beweging van de woningen met schademeldingen (figuur links) en de gewogen scores hiervan (figuur rechts).

Ingedeeld naar klassen van waarschijnlijkheid dat beplanting invloed kan hebben gehad op het vochtgehalte van de ondergrond, volgens de normen van de NHBC (2013).

De verticale lijnen ('whiskers') geven het spreidingsgebied van de waarnemingen aan.



Bijlage 7 InSAR-datasets Zevenaar
Separaat bijgevoegd

Wageningen Environmental Research
Postbus 47
6700 AA Wageningen
T 0317 48 07 00
www.wur.nl/environmental-research

Wageningen Environmental Research

De missie van Wageningen University & Research is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen University & Research bundelen Wageningen University en gespecialiseerde onderzoeksinstituten van Stichting Wageningen Research hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 5.000 medewerkers en 12.000 studenten behoort Wageningen University & Research wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.

Bijlage bij:
Memo_verkenning InSAR datasets Zevenaar.pdf

Resolutie geeft een indruk van de onzekerheid in de locatie van een meetpunt in de InSAR dataset. De positie kan dus enkele meters afwijken van de positie zoals aangegeven op de kaart.

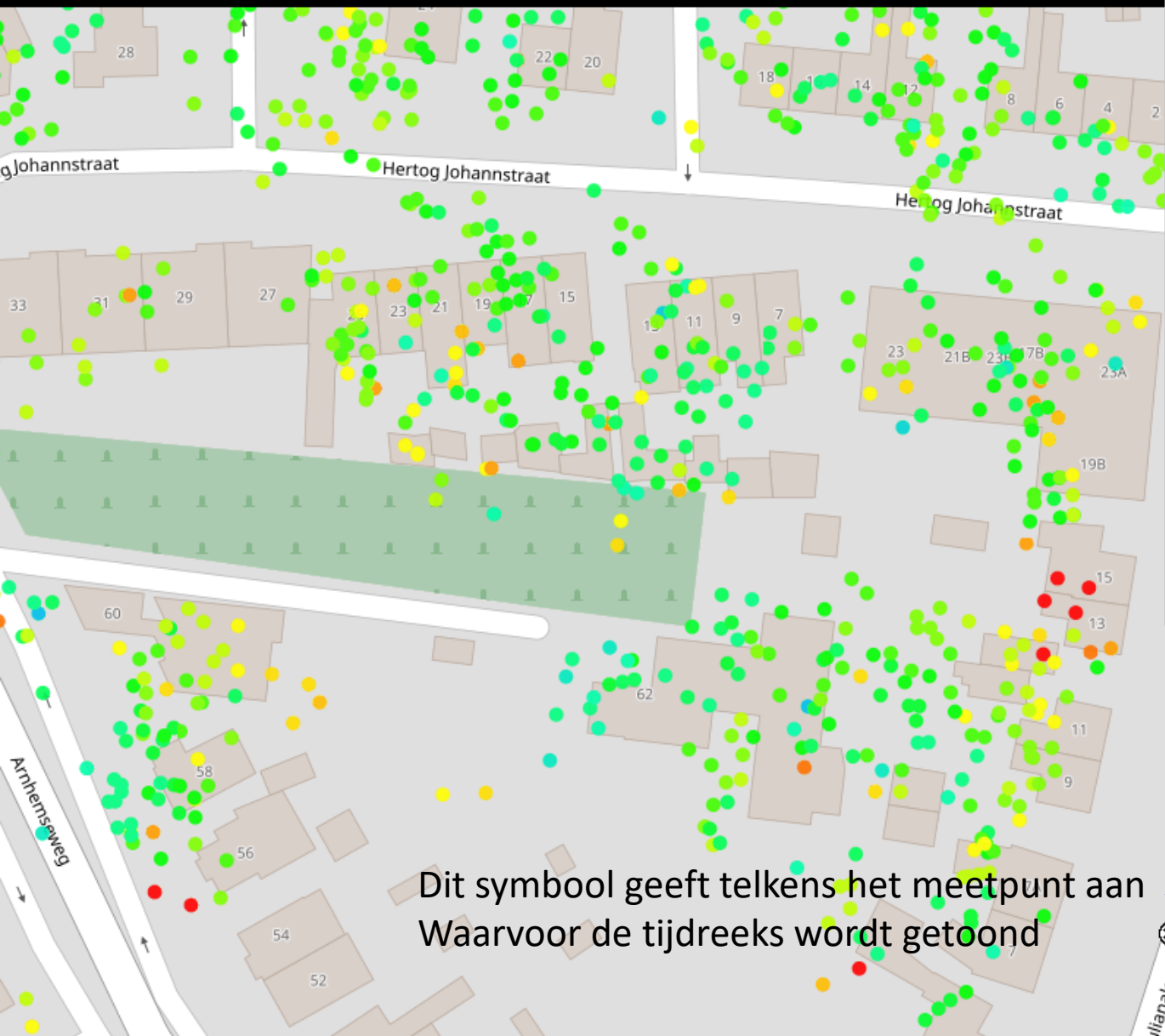
Satellite	radarsat-2
Pass Direction	ascending
Incidence Angle	unknown
Resolution	2.4 x 4.4 m



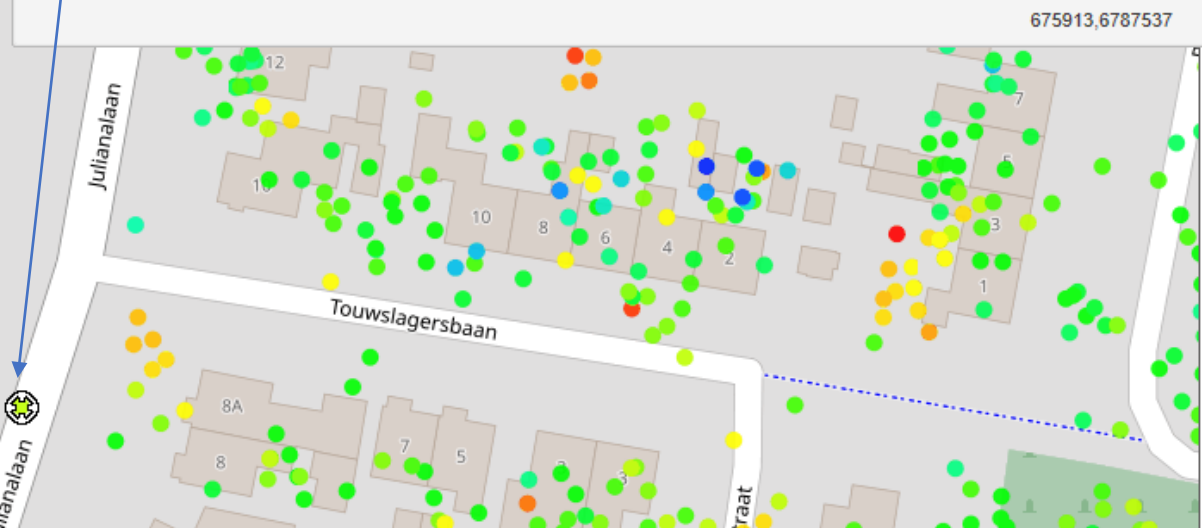
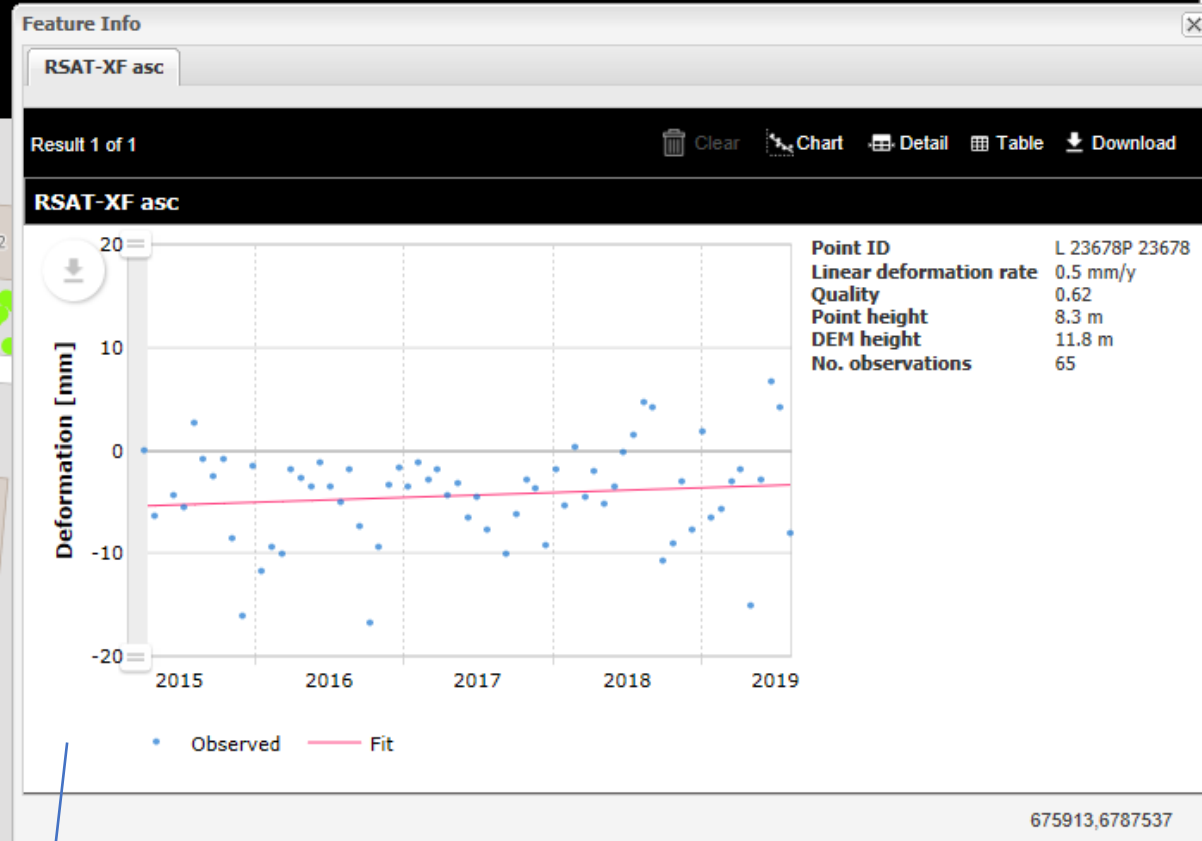
Straat/maaiveld reeksen

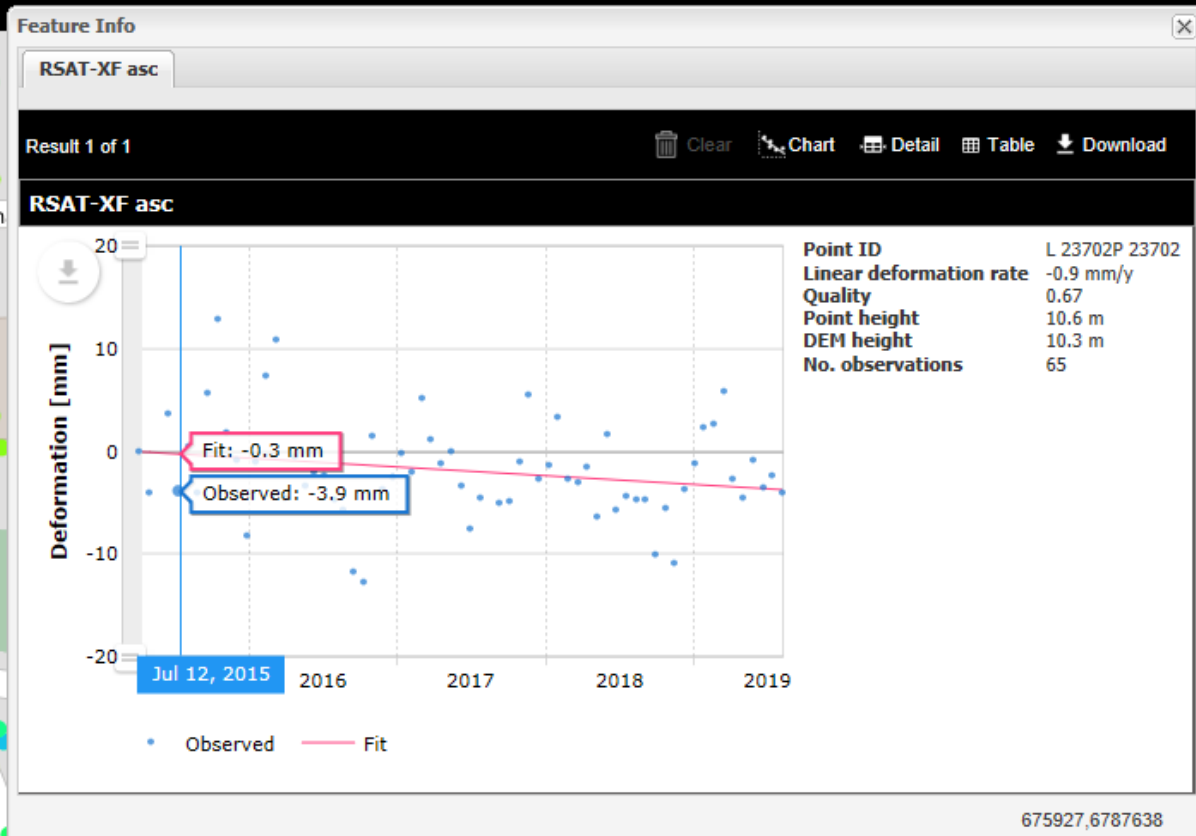
In alle kaartbeelden met InSAR data zijn de meetpunten (reflectiepunten) aangegeven met gekleurde punten. Het is de bedoeling dat de kleur de gemiddelde snelheid van beweging aangeeft waarbij onderstaande legenda is gebruikt. Achteraf is gebleken dat de kleurweergave/legenda niet correct is. Daarom is die informatie niet betrouwbaar of bruikbaar.





Dit symbool geeft telkens het meetpunt aan
Waarvoor de tijdreeks wordt getoond

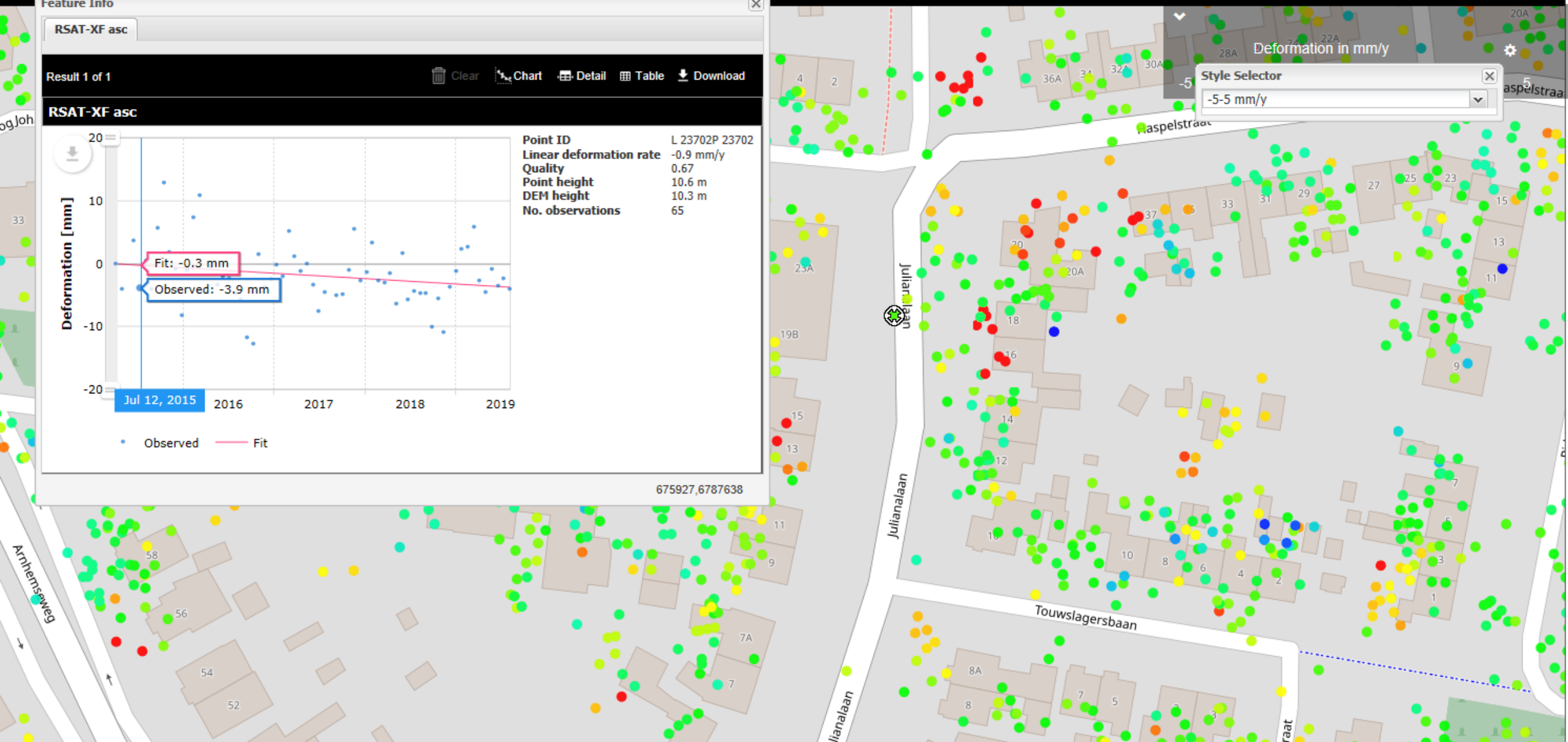


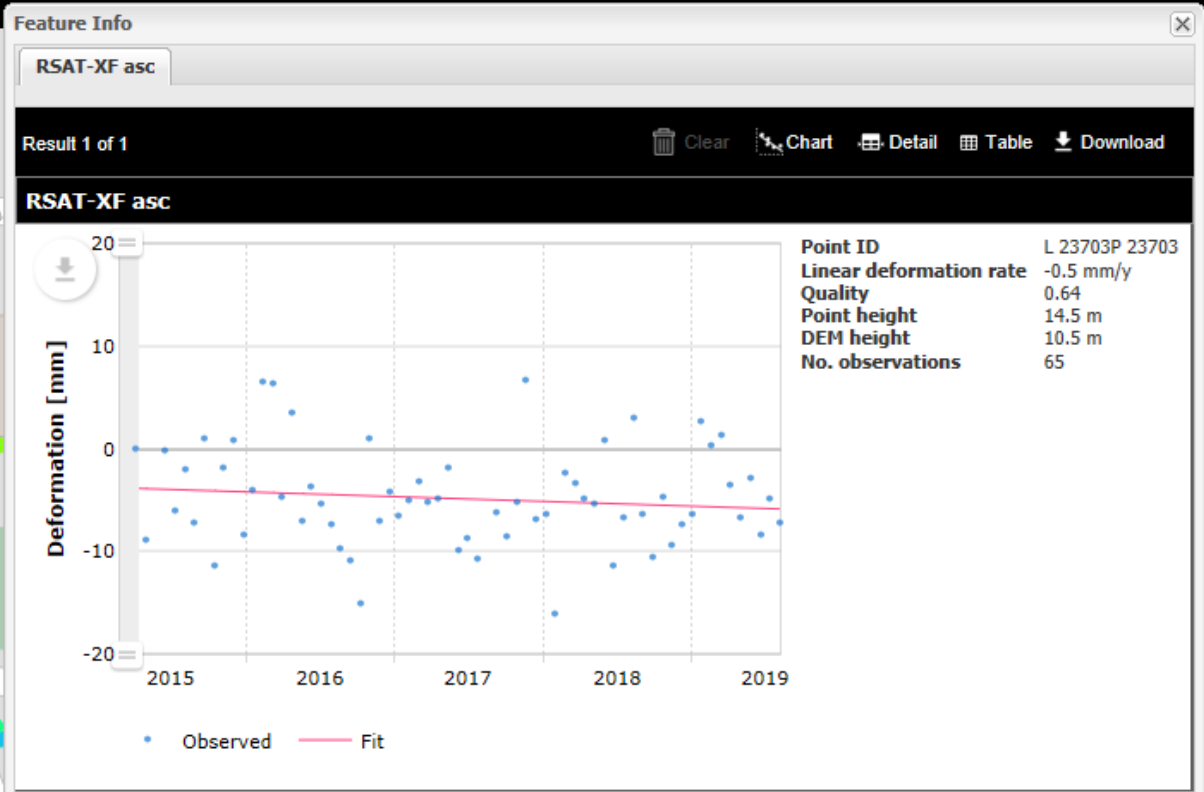


Style Selector

Deformation in mm/y

-5-5 mm/y



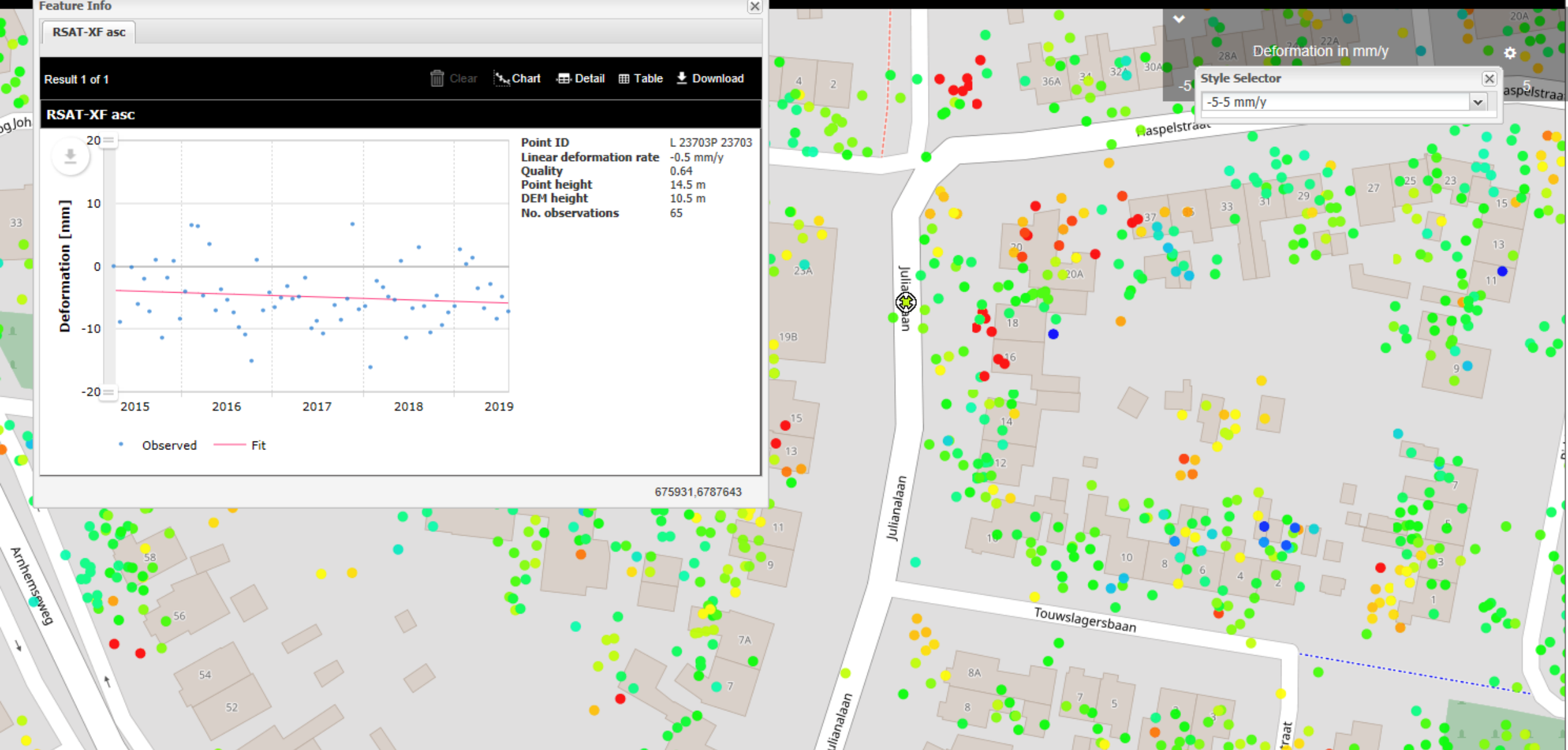


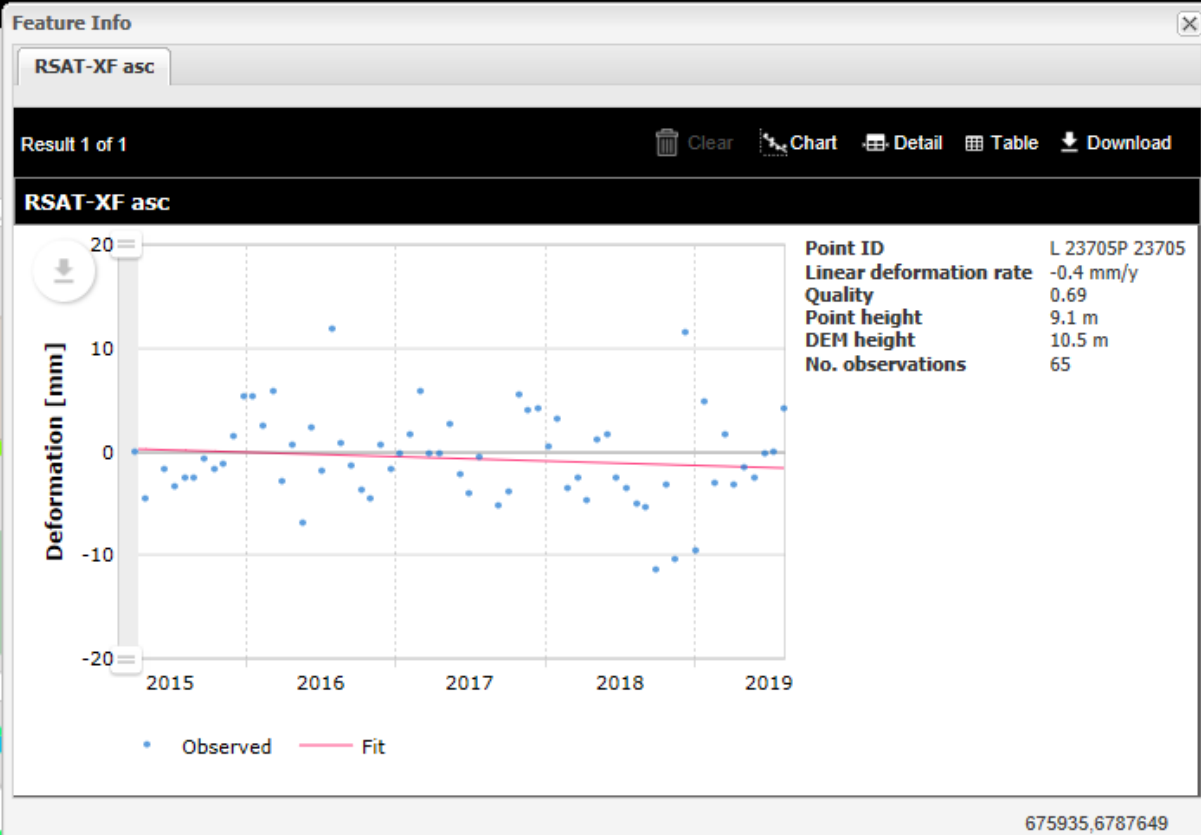
675931,6787643

Style Selector

Deformation in mm/y

-5-5 mm/y

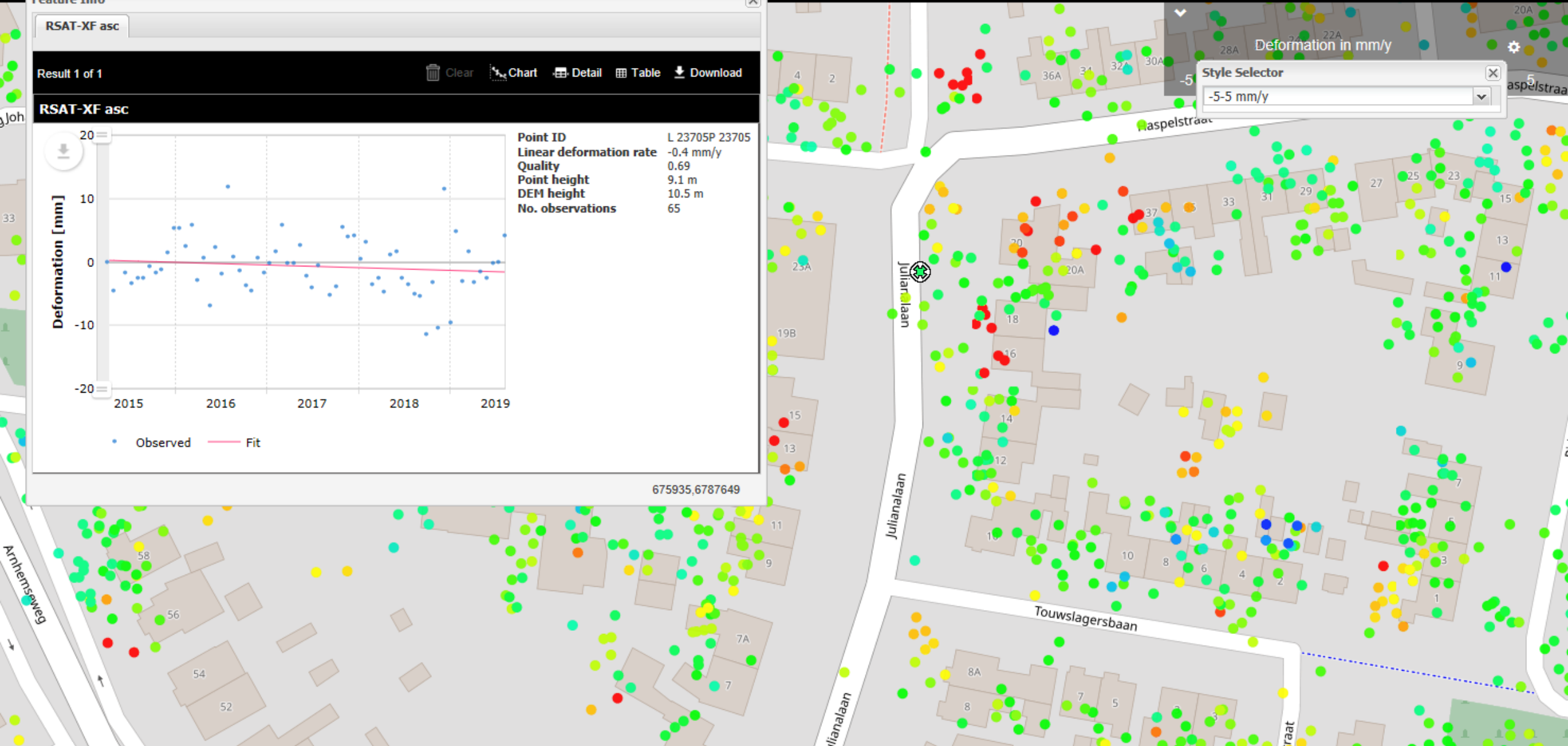




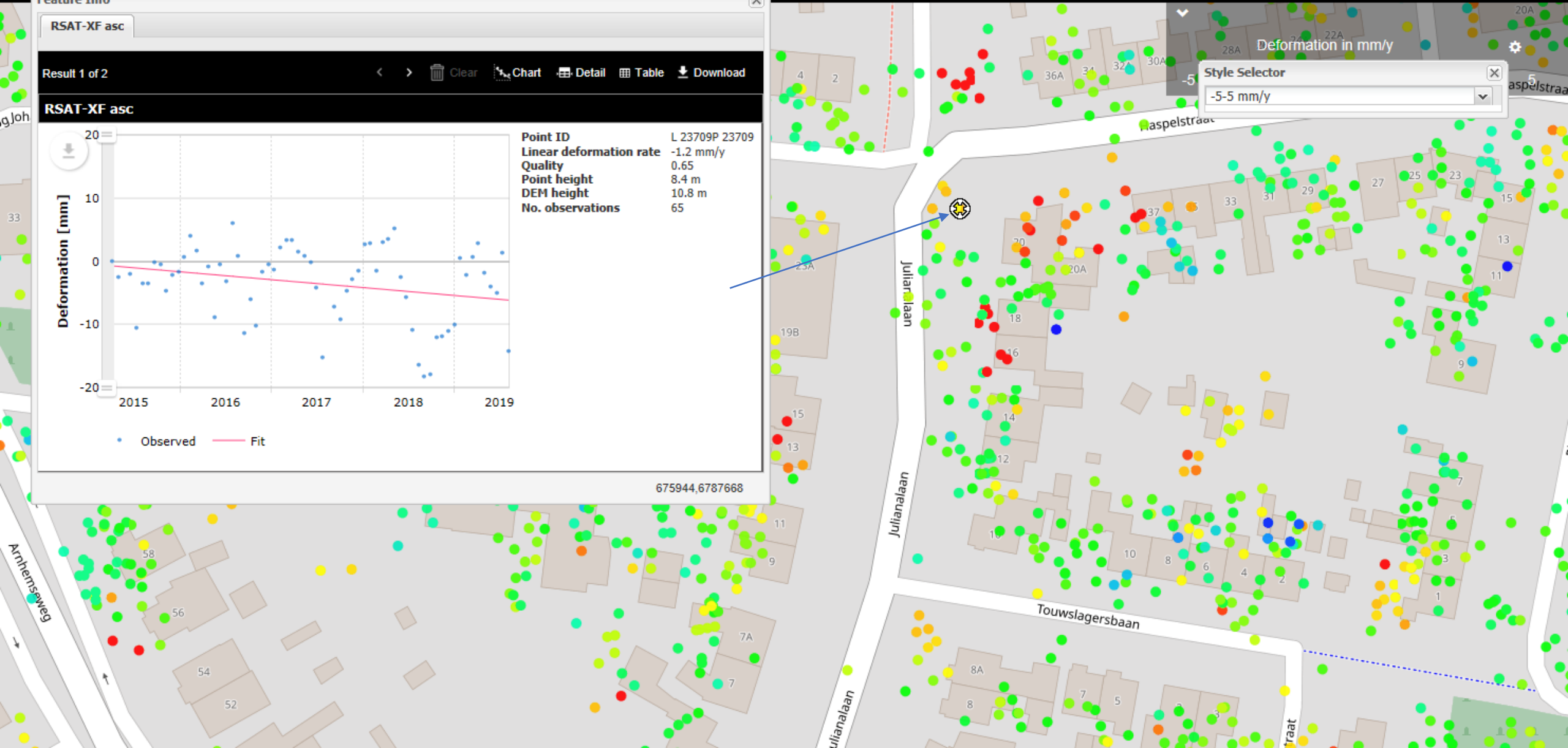
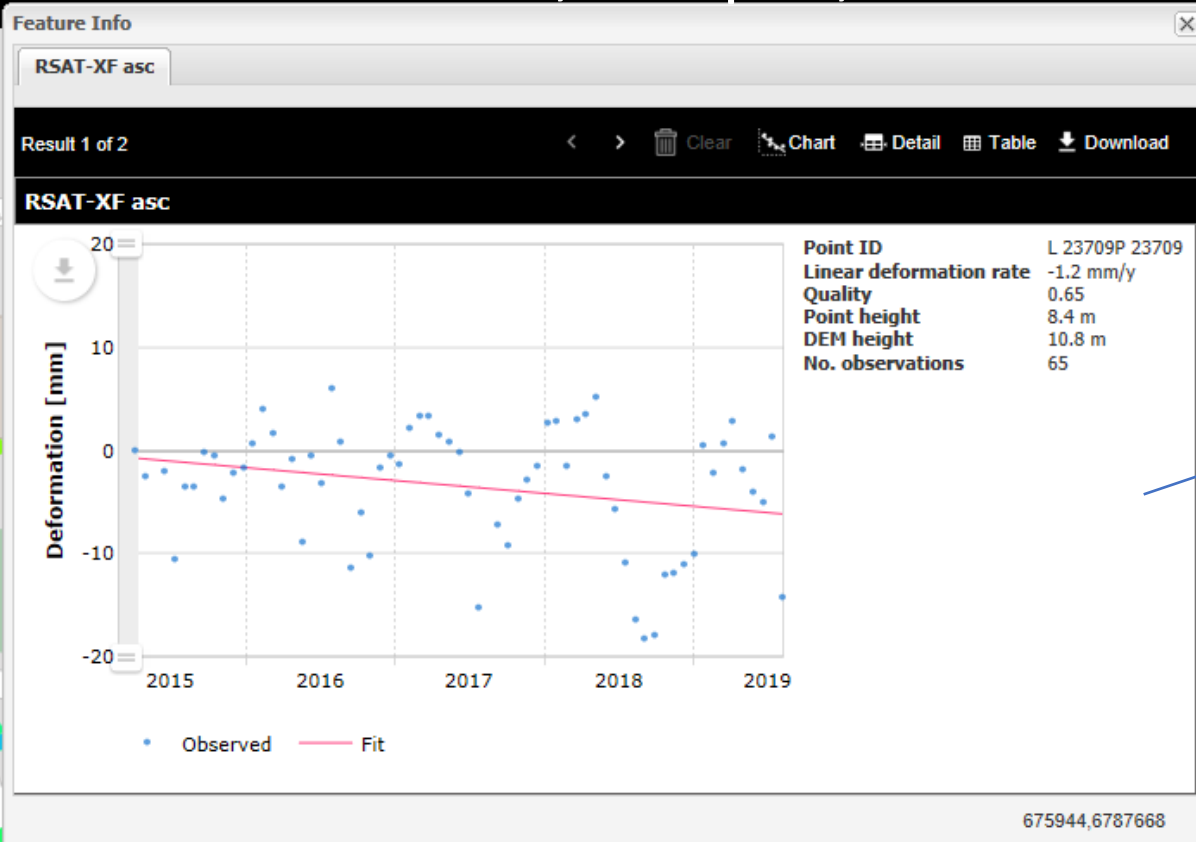
Style Selector

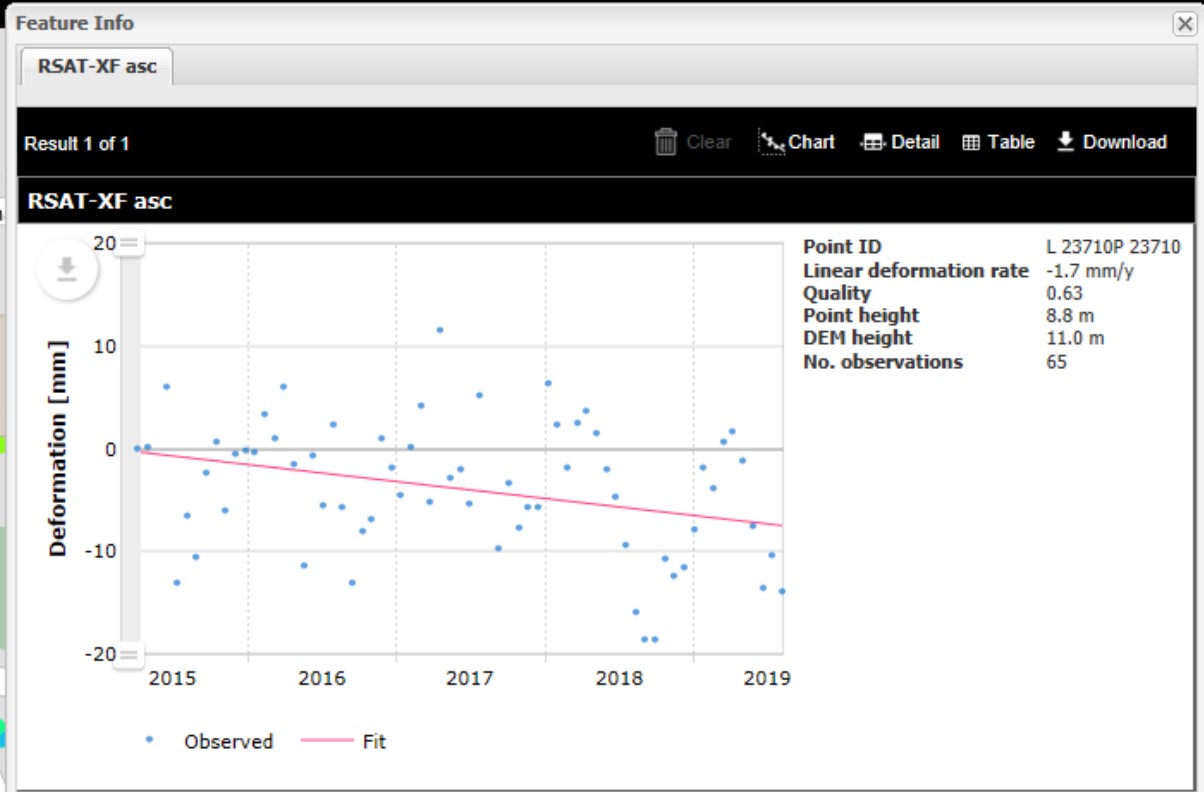
Deformation in mm/y

-5-5 mm/y



Trottoir; fietspad; tuinbestrating?



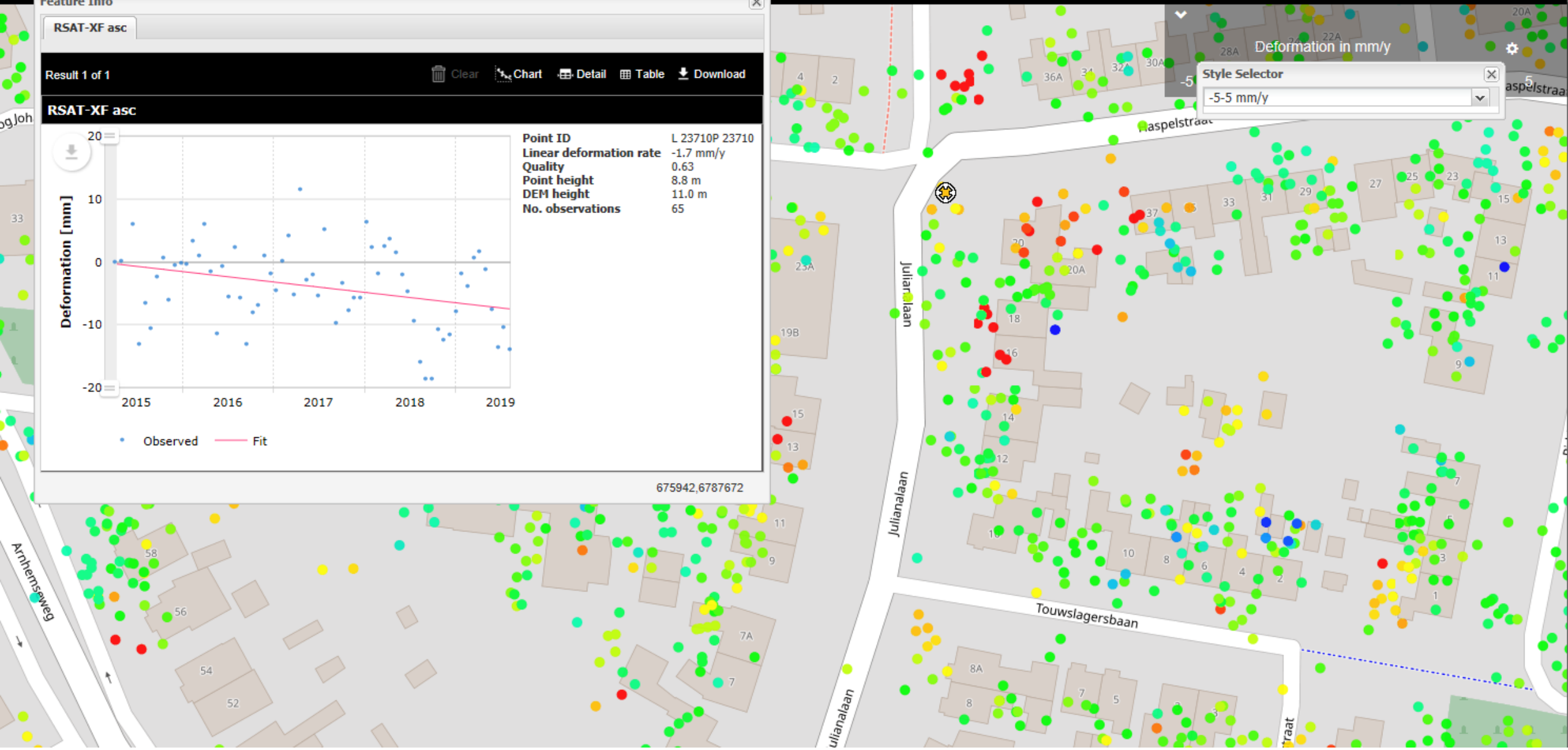


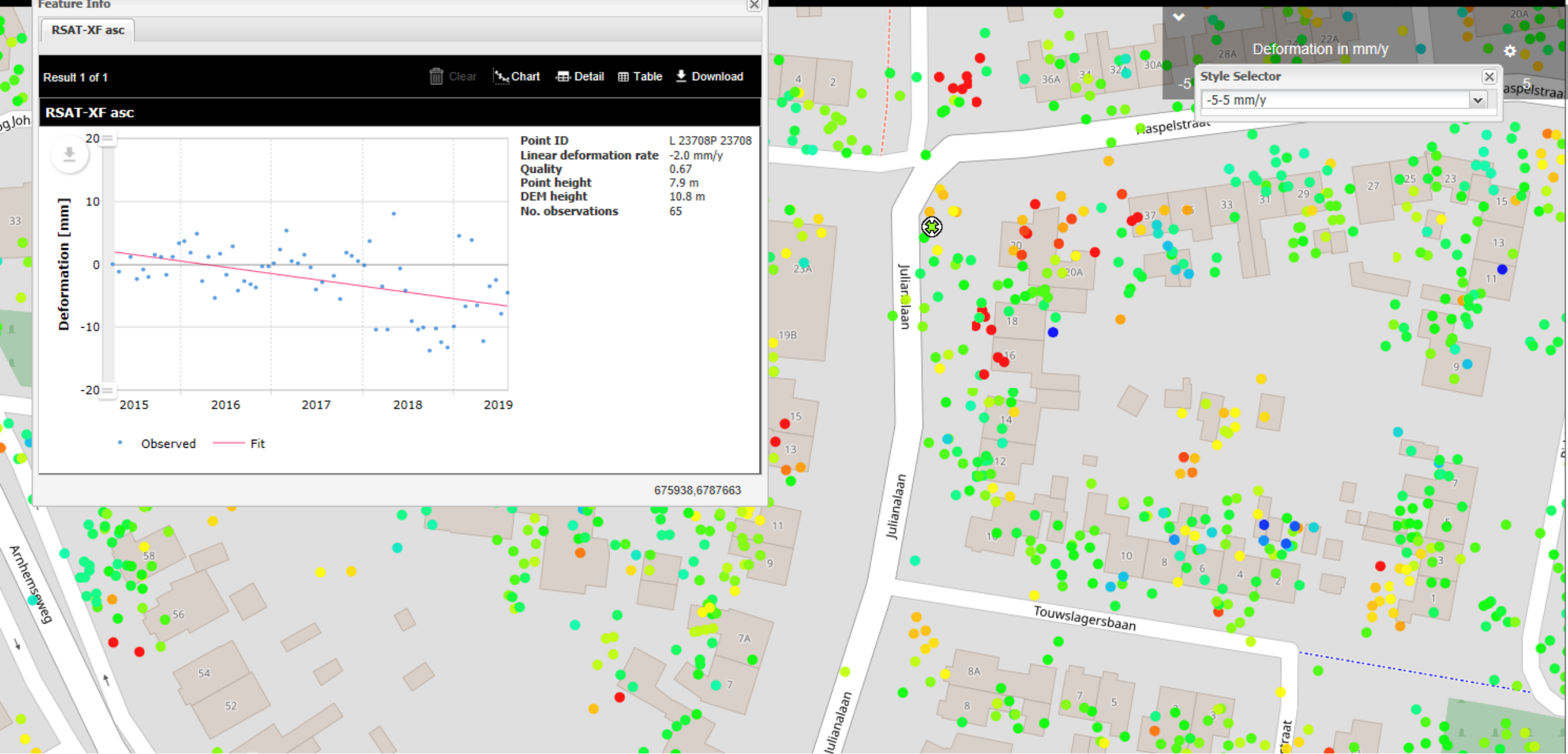
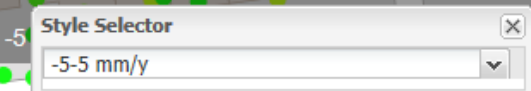
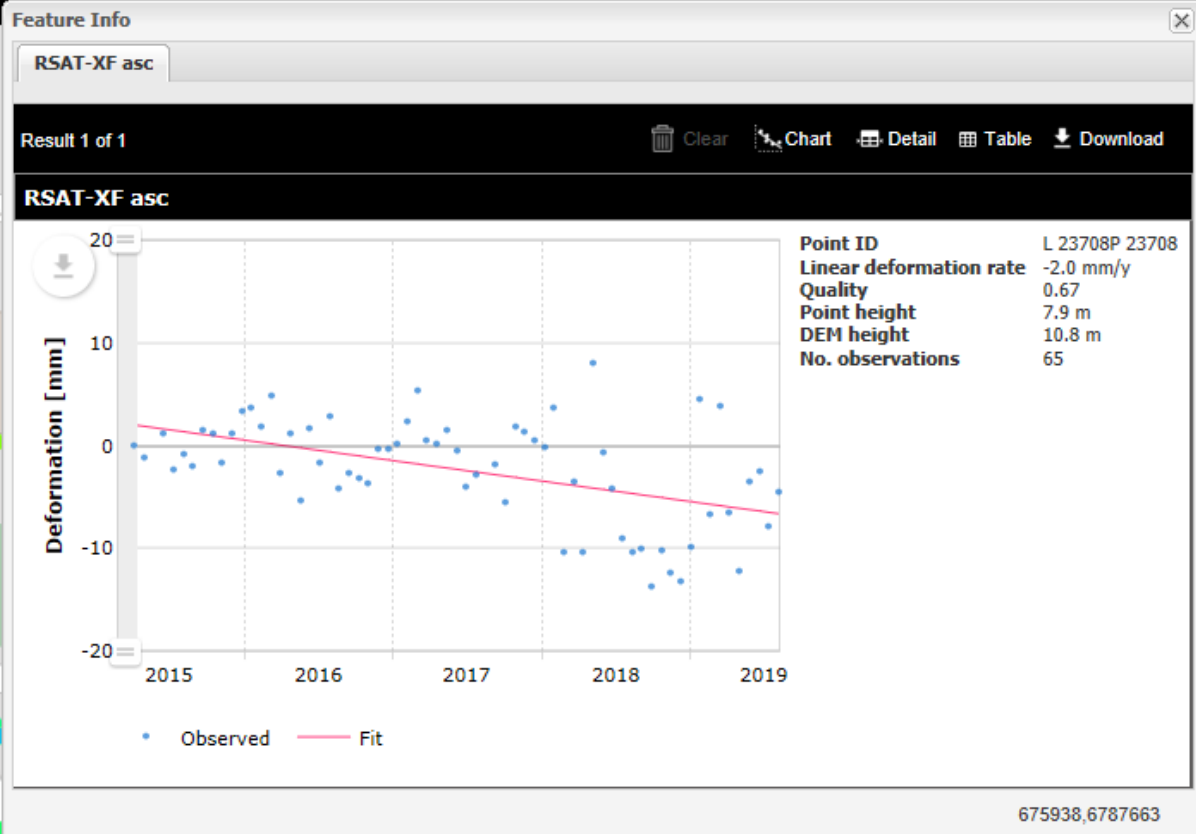
675942,6787672

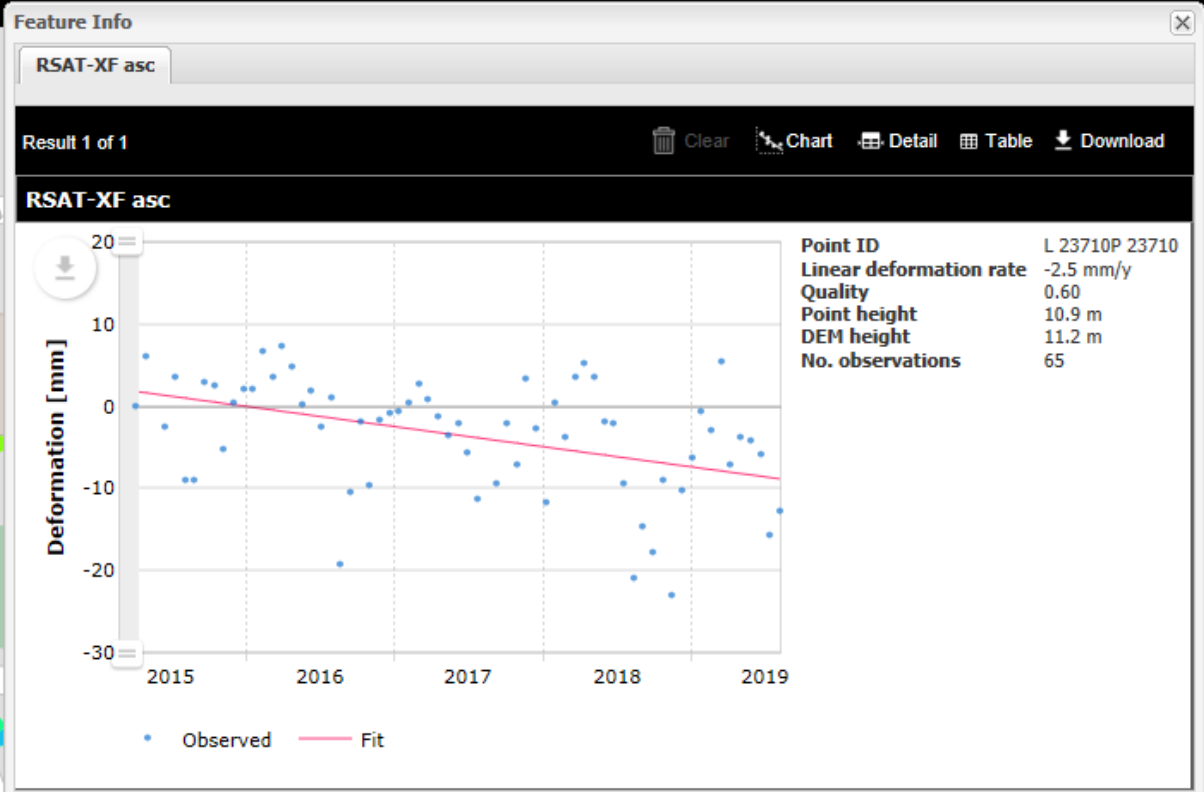
Style Selector

Deformation in mm/y

-5-5 mm/y





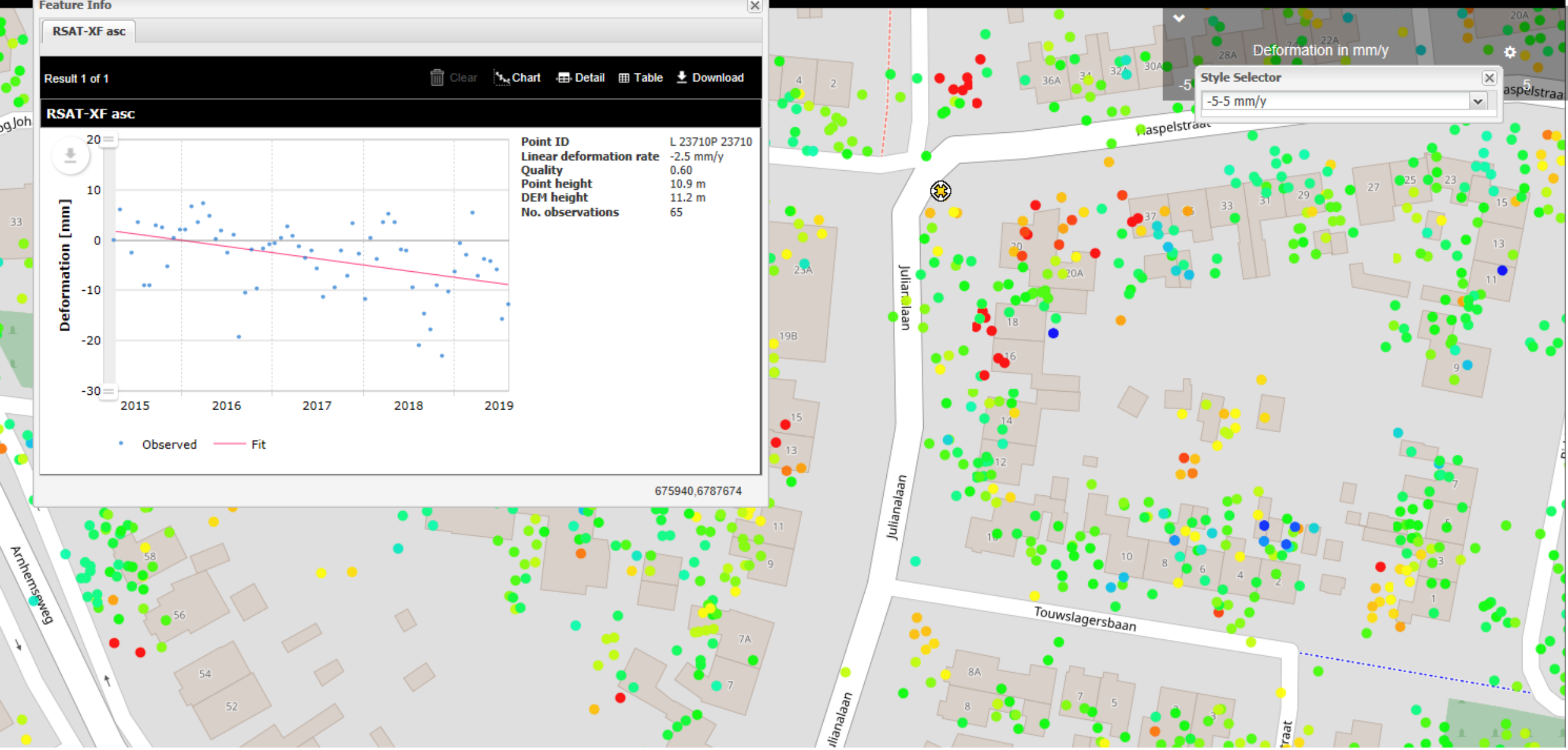


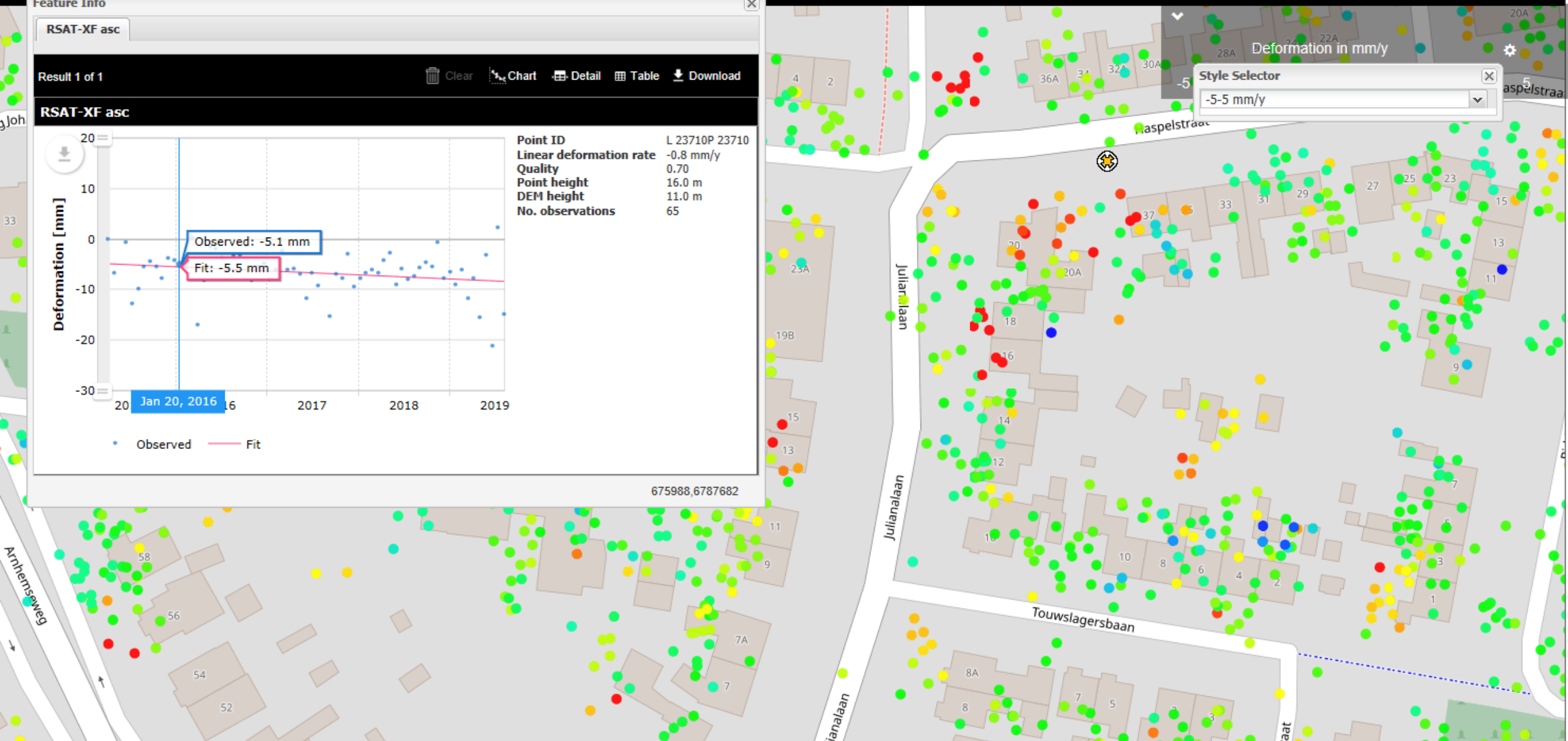
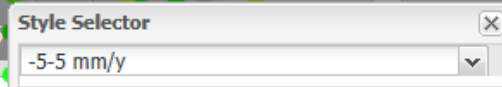
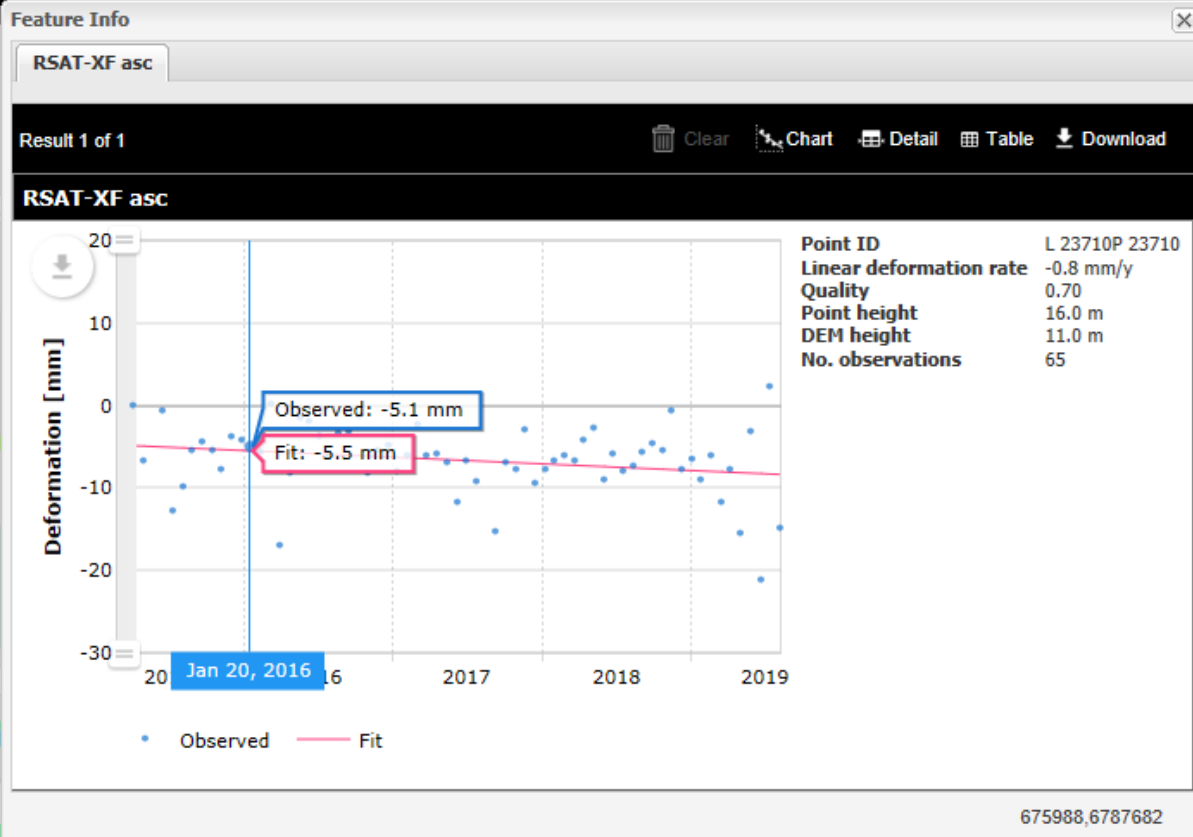
675940,6787674

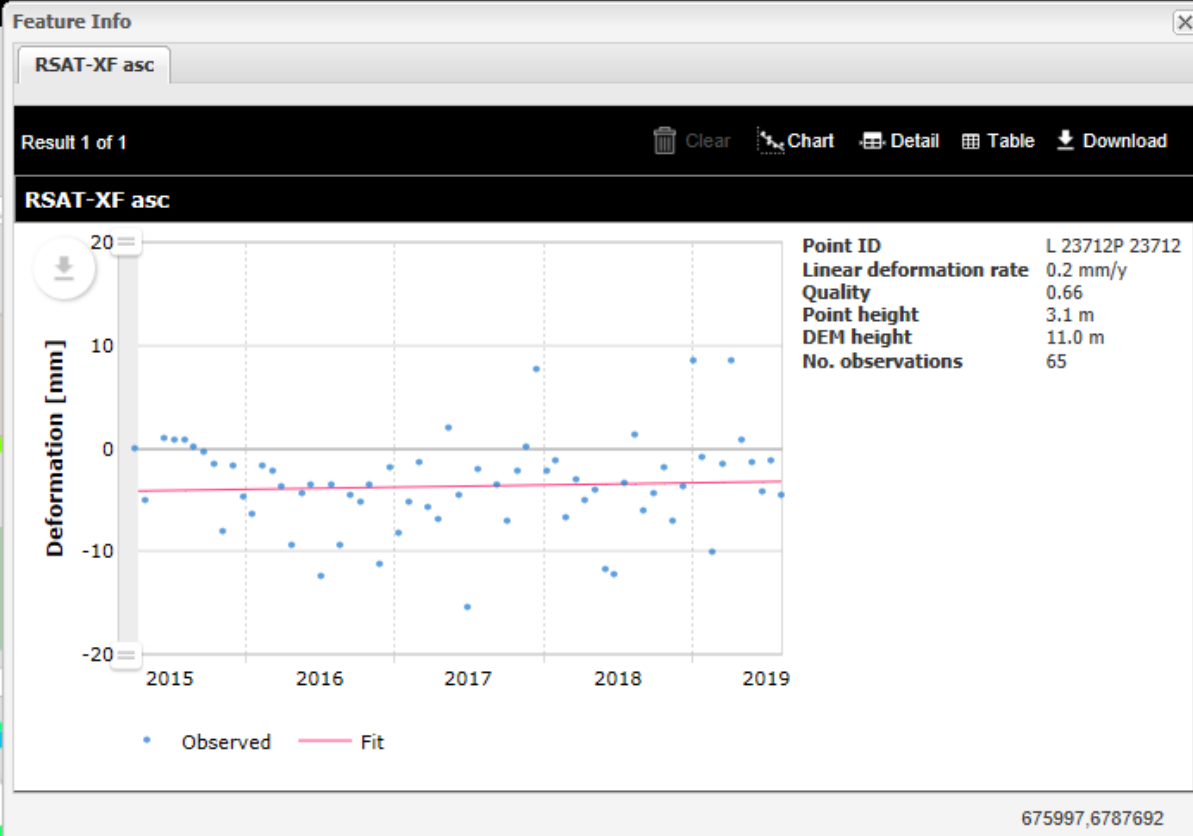
Style Selector

Deformation in mm/y

-5-5 mm/y



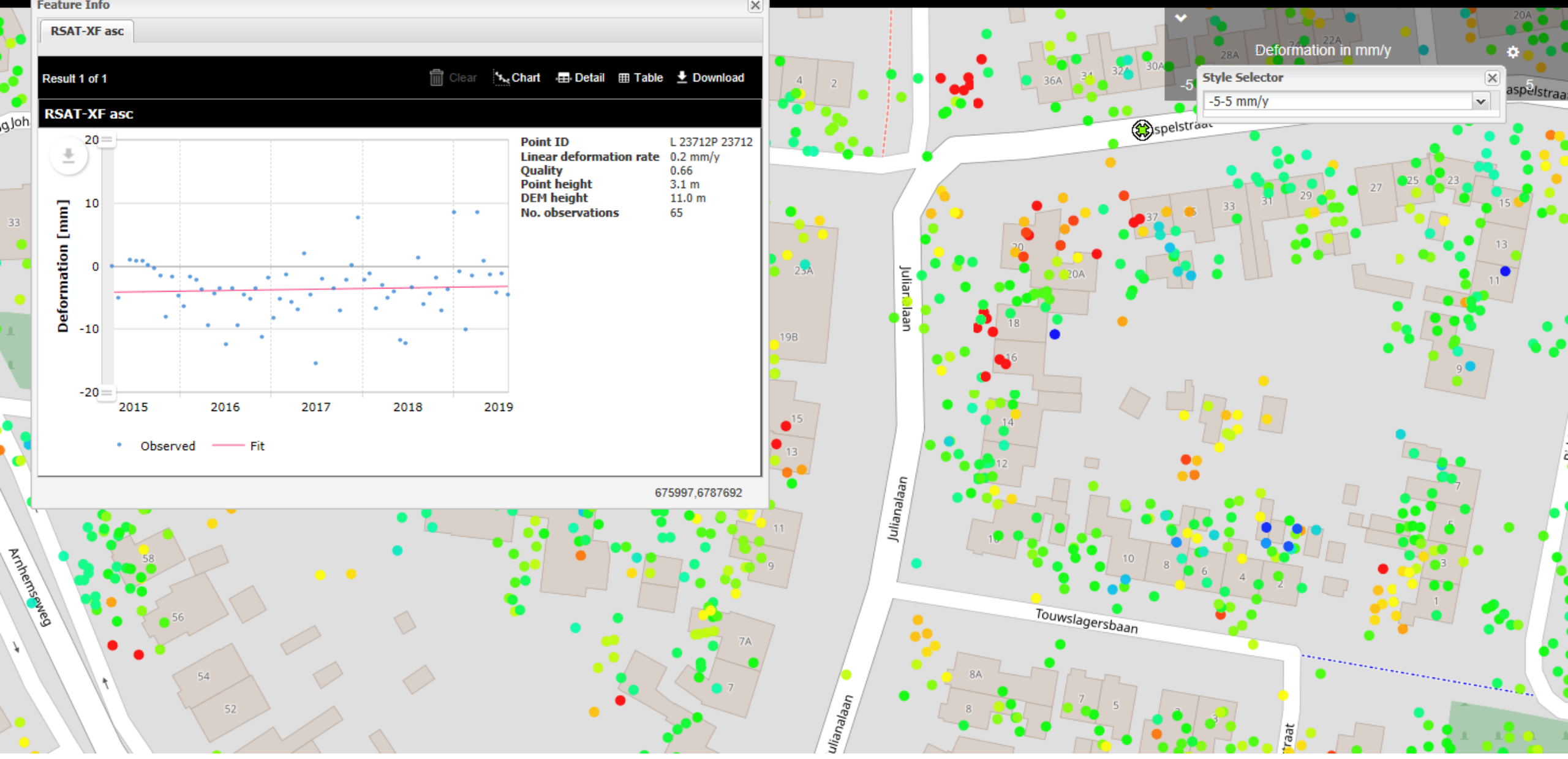




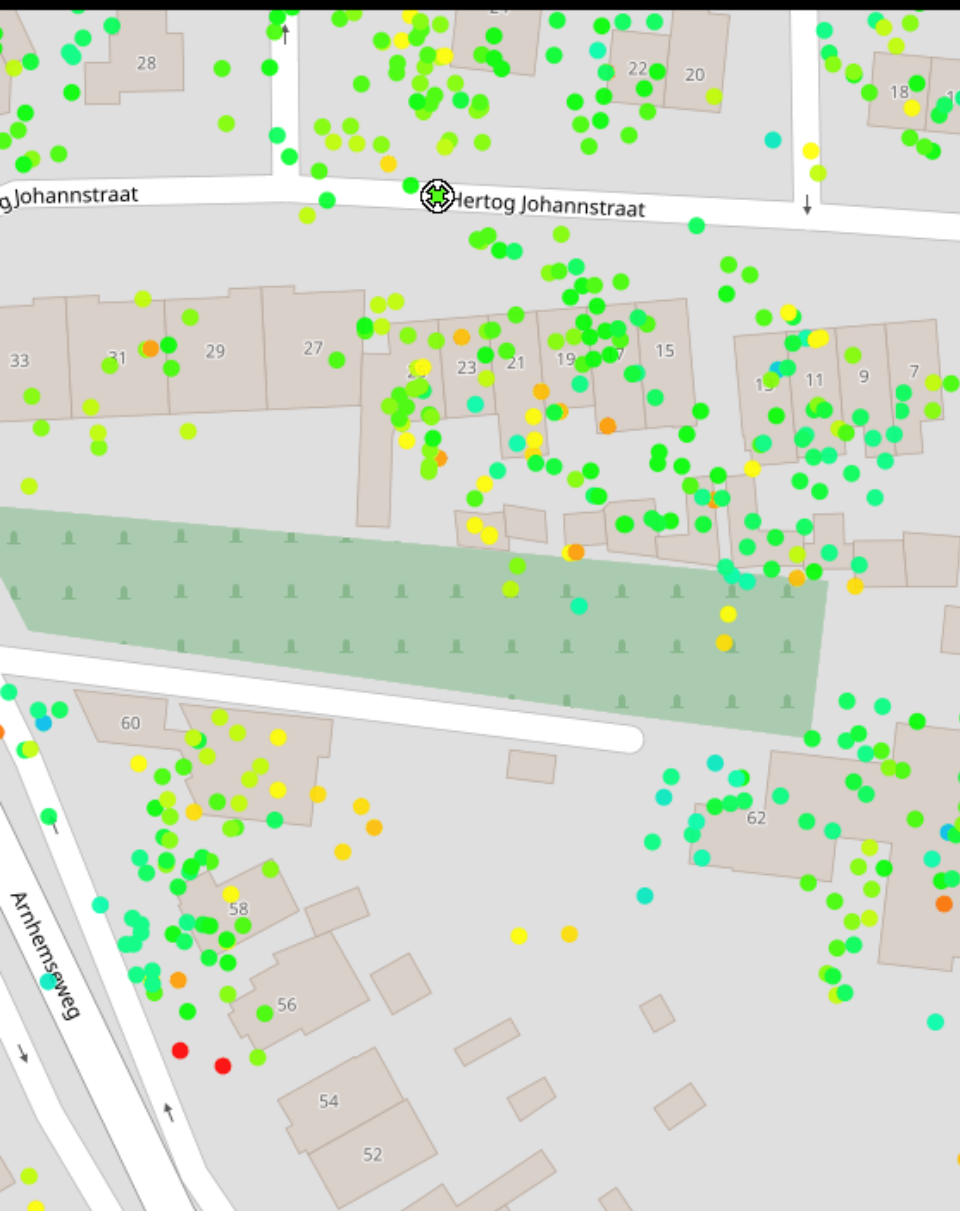
Style Selector

Deformation in mm/y

-5-5 mm/y



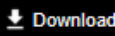
e map



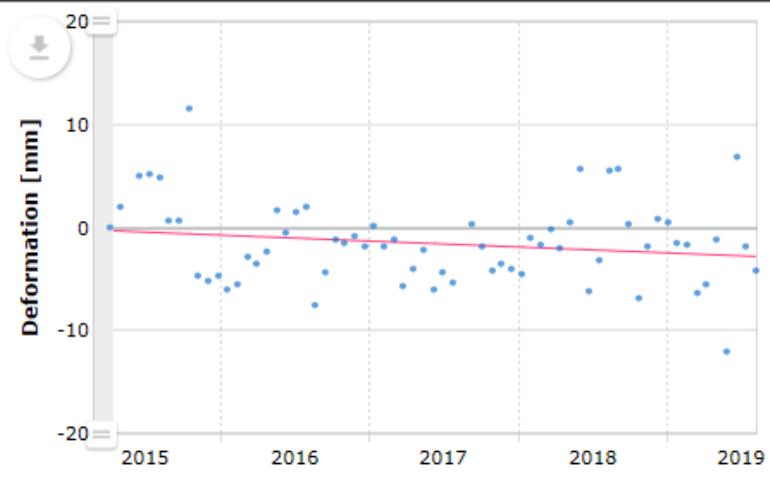
Feature Info

RSAT-XF asc

Result 1 of 1



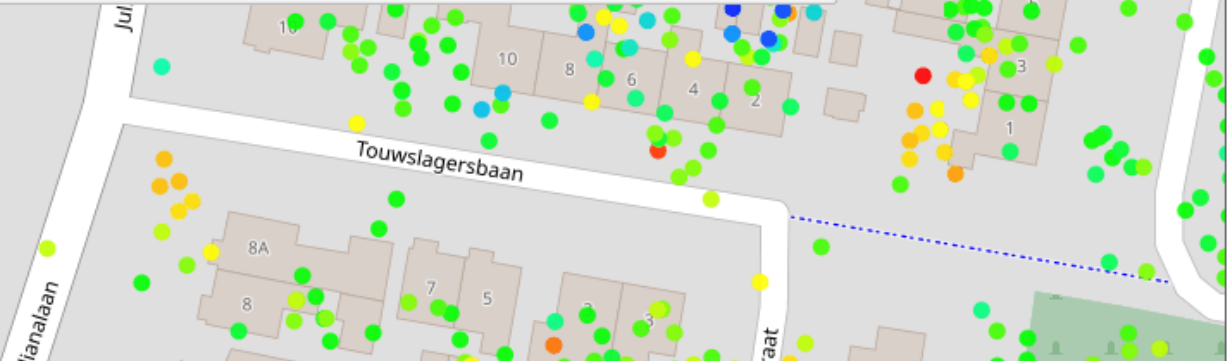
RSAT-XF asc

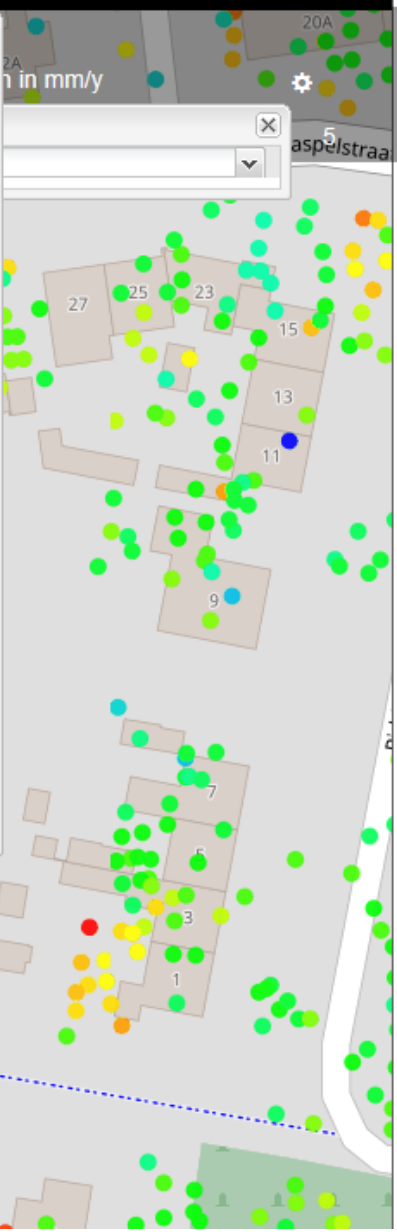
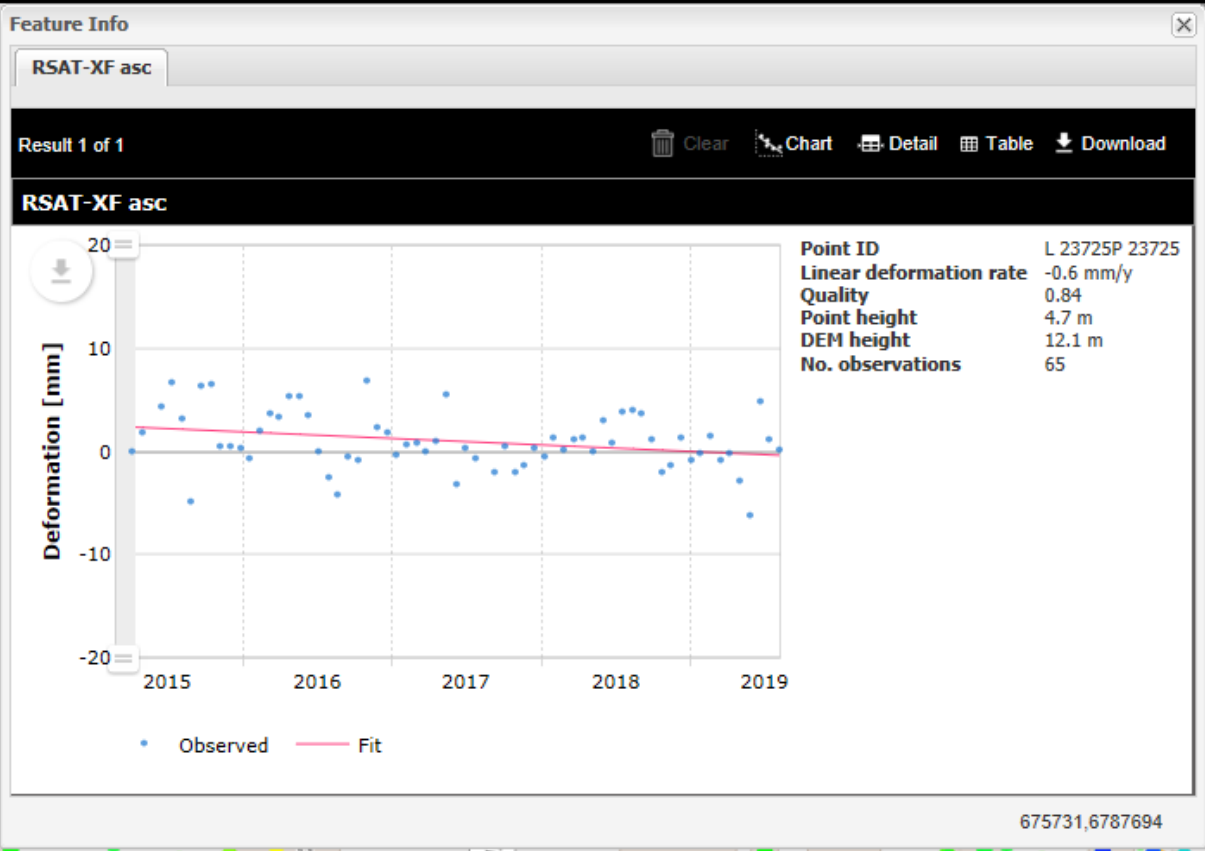
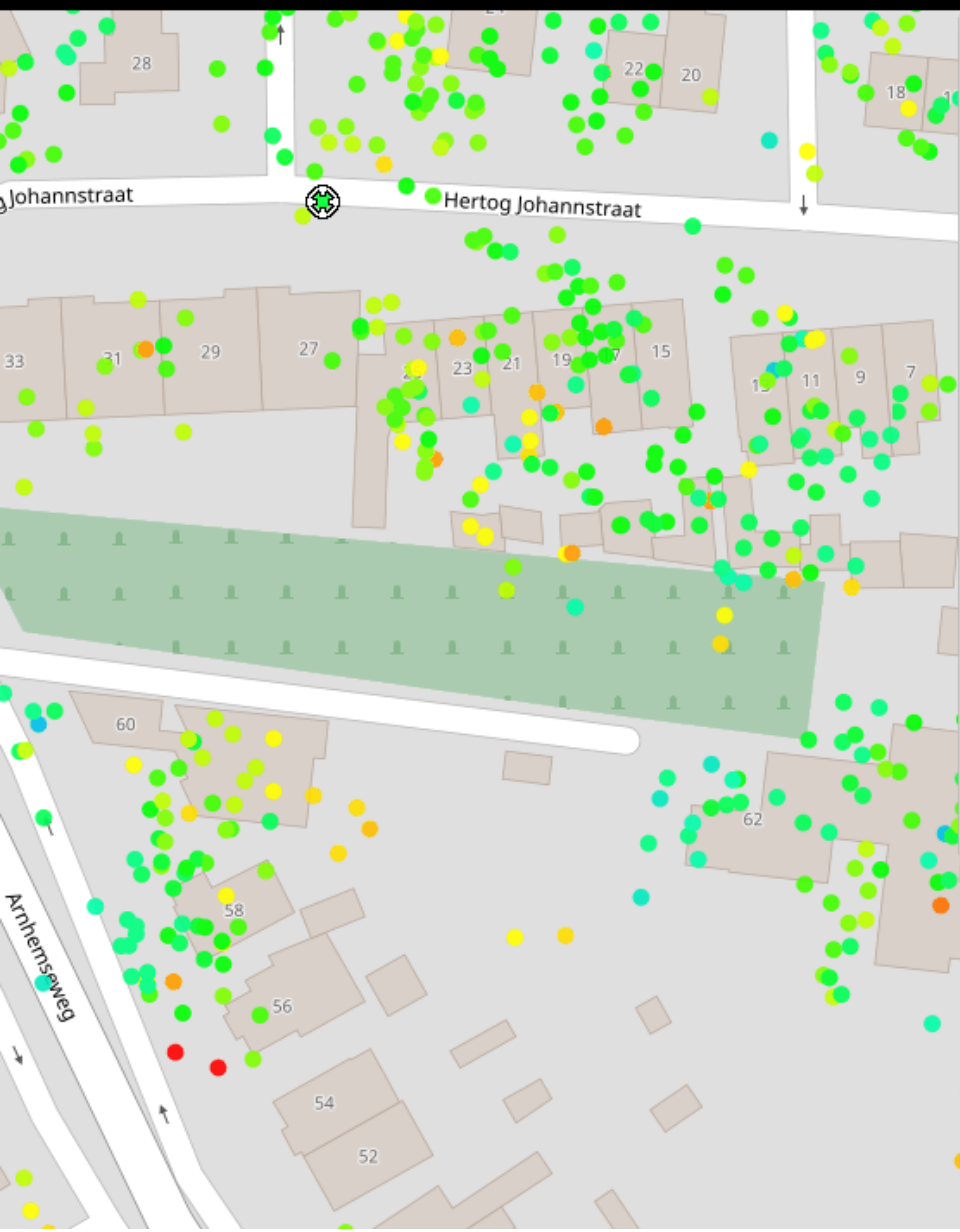


Point ID	L 23724P 23724
Linear deformation rate	-0.6 mm/y
Quality	0.71
Point height	3.9 m
DEM height	11.4 m
No. observations	65

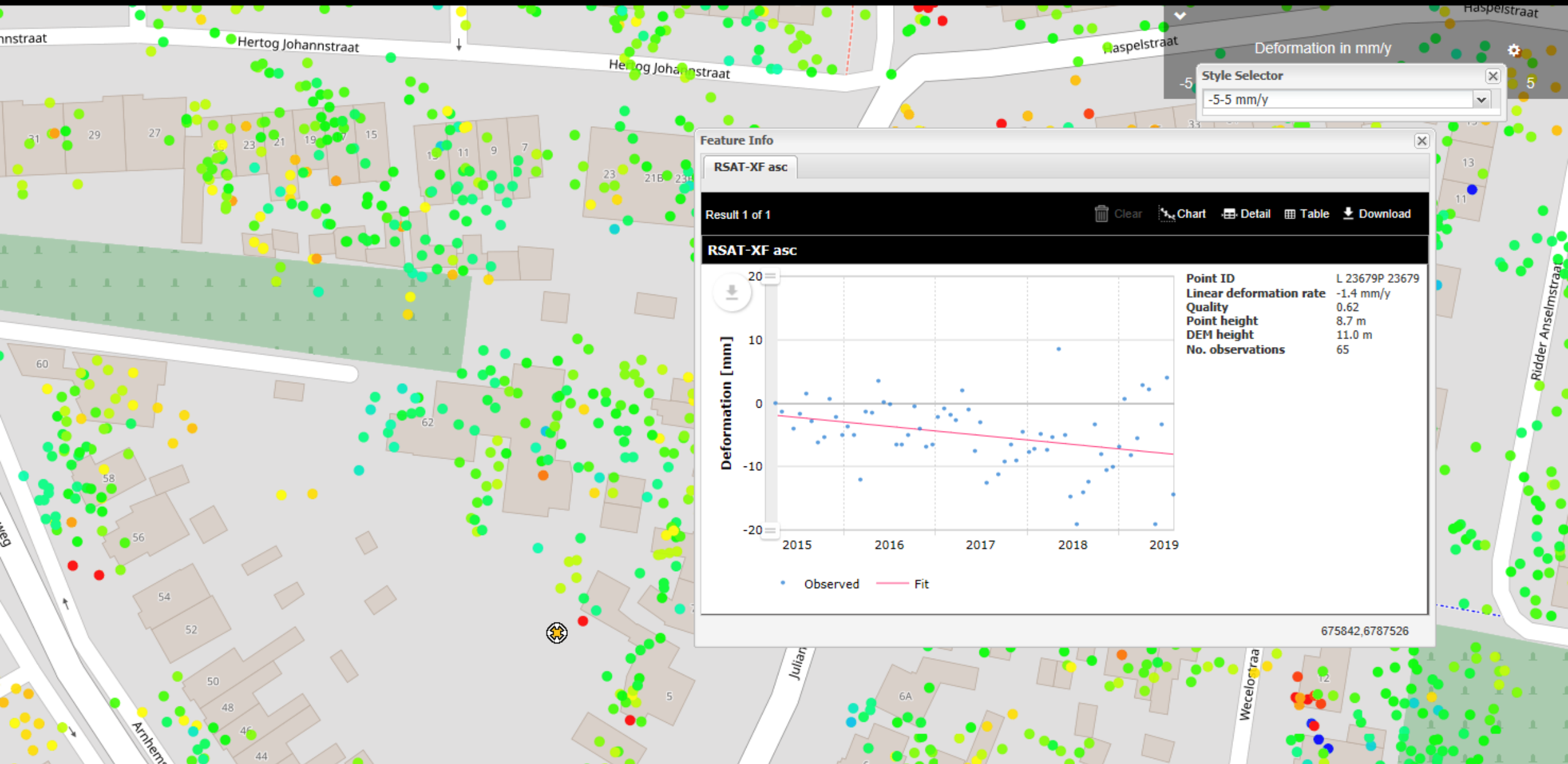
Observed Fit

675751,6787694

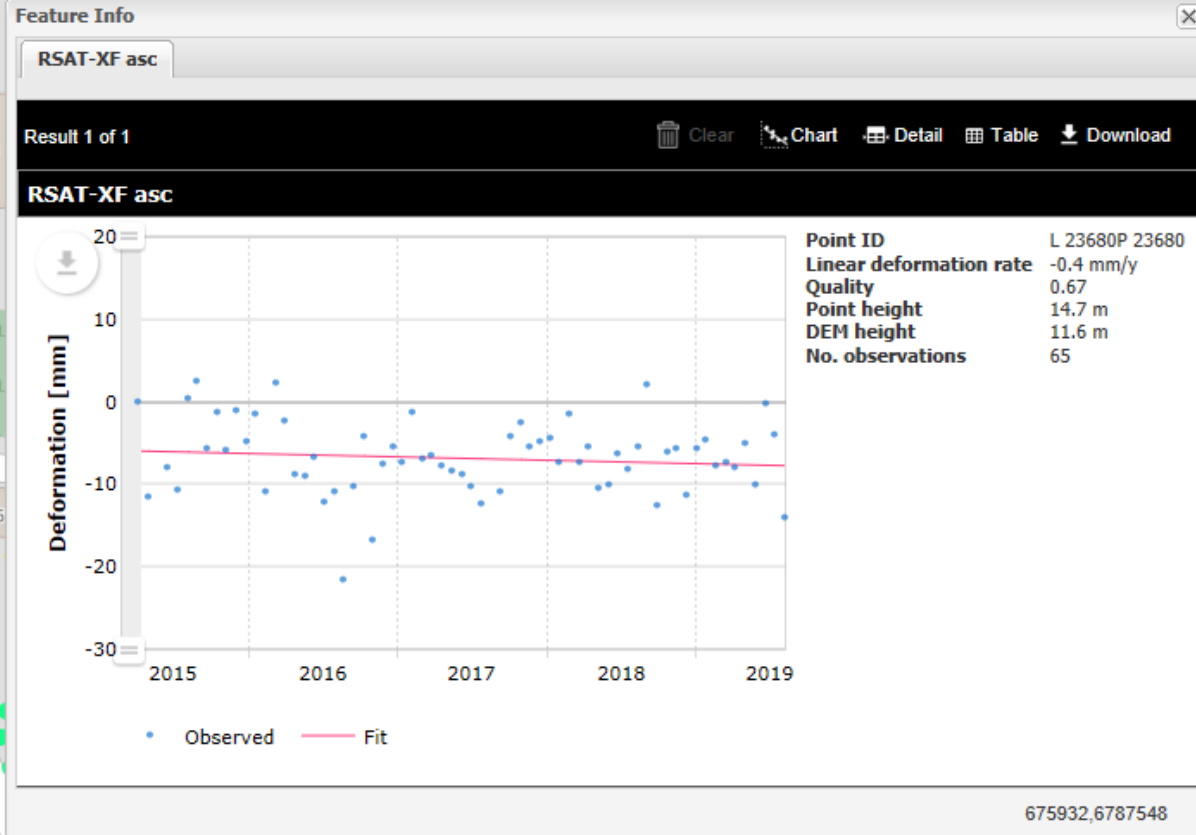




Tuinmuurtje?

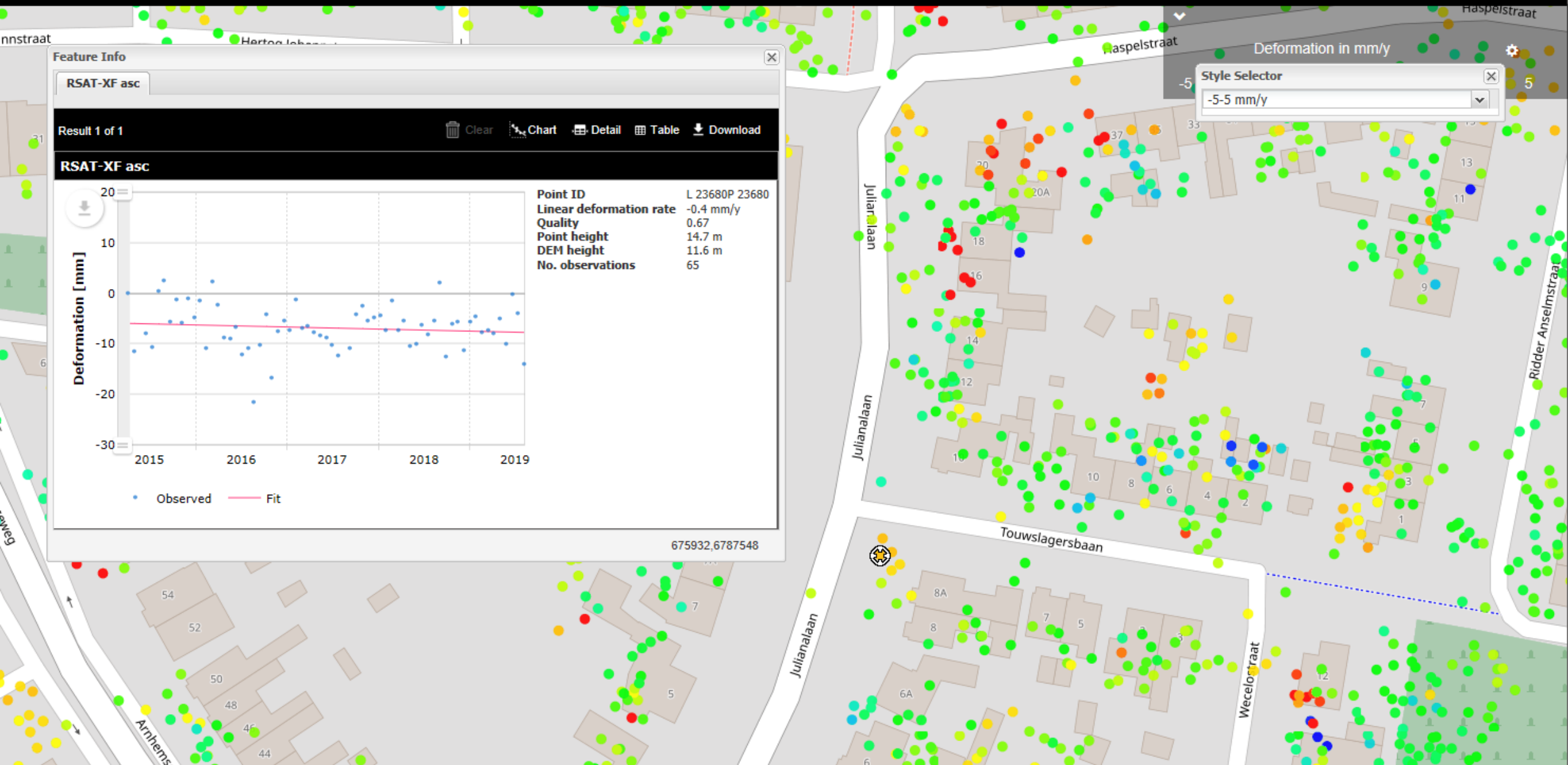


Trottoir?



Style Selector

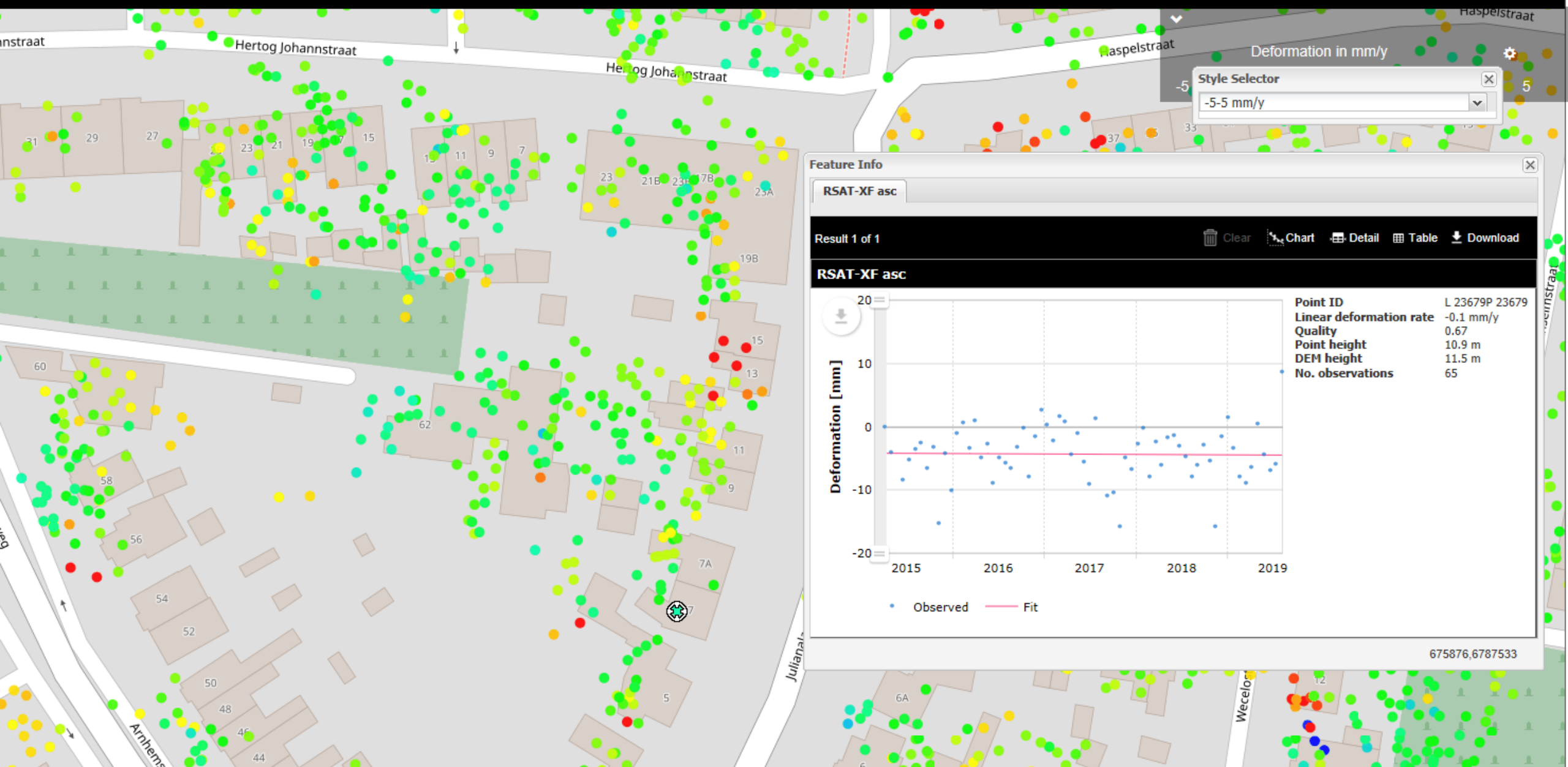
-5-5 mm/y



Lokale sterke zakking; mogelijk foute interpretatie? Er lokaal meer punten die sterk afwijken van de omgeving
(snelheden 26-30 mm/jaar)

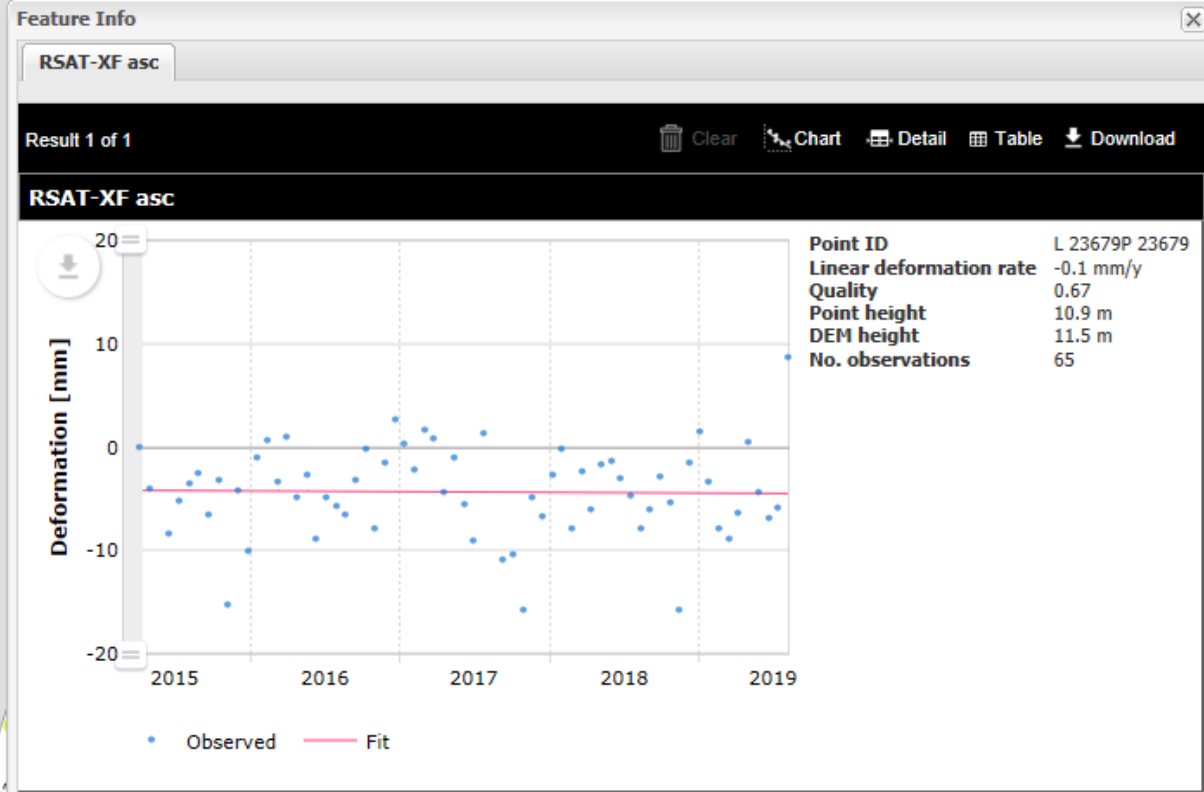


Bebouwing



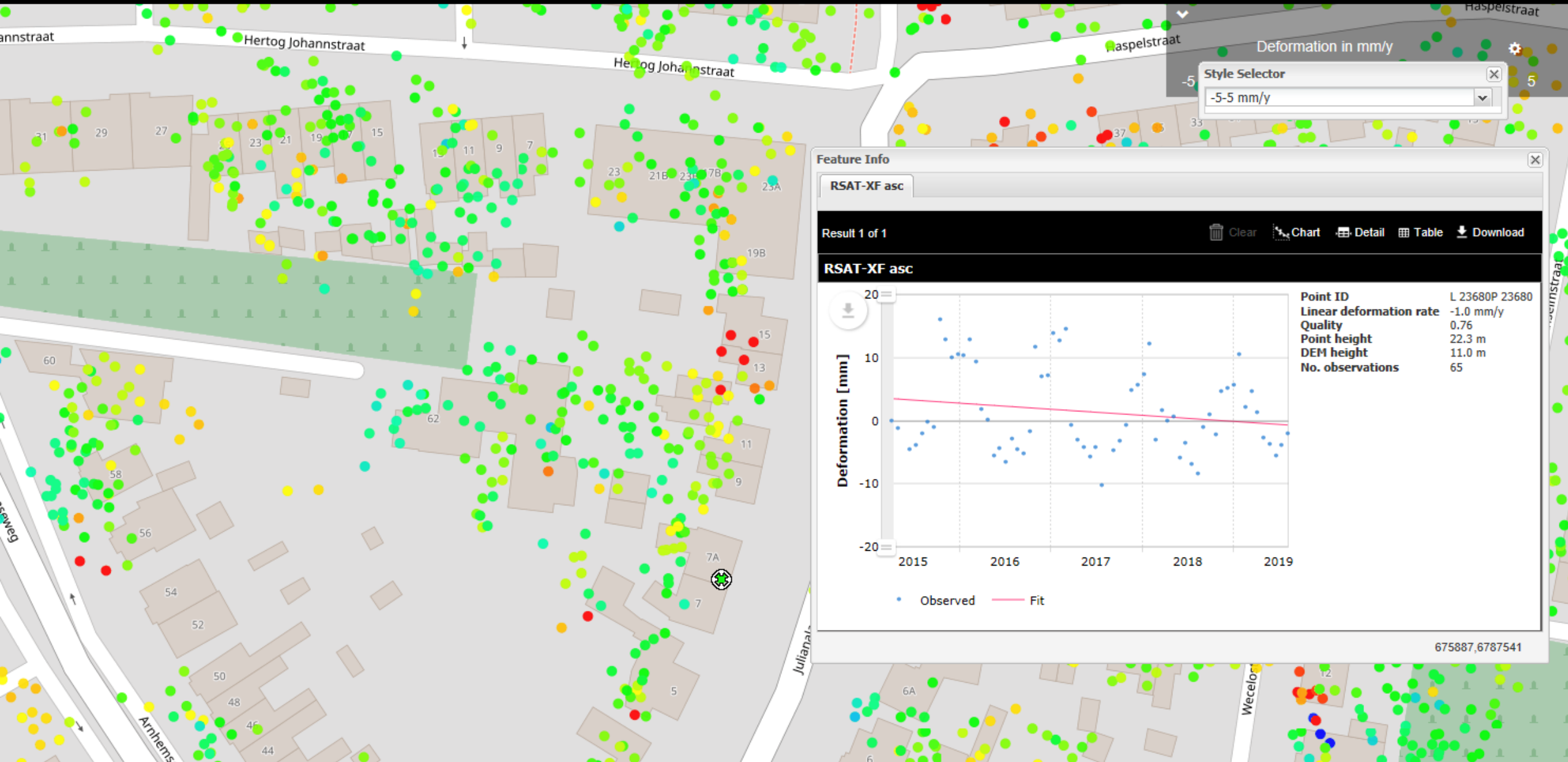
Style Selector

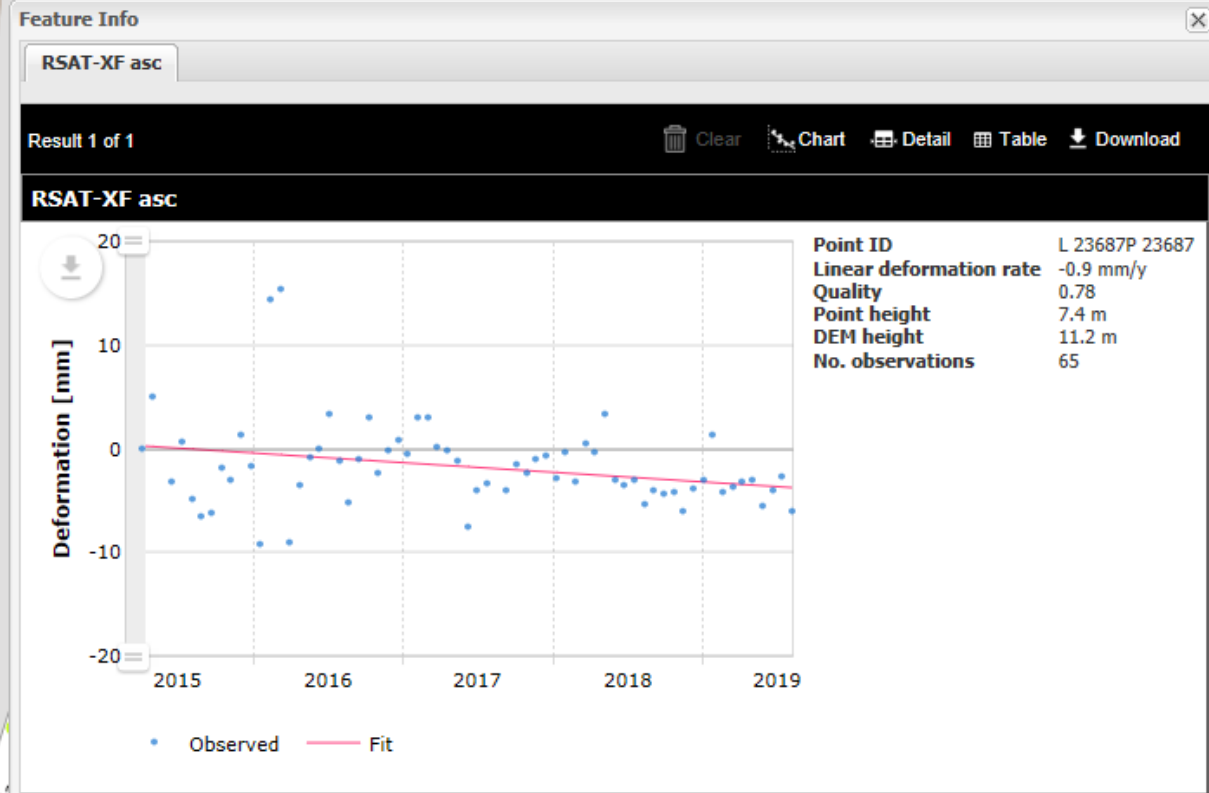
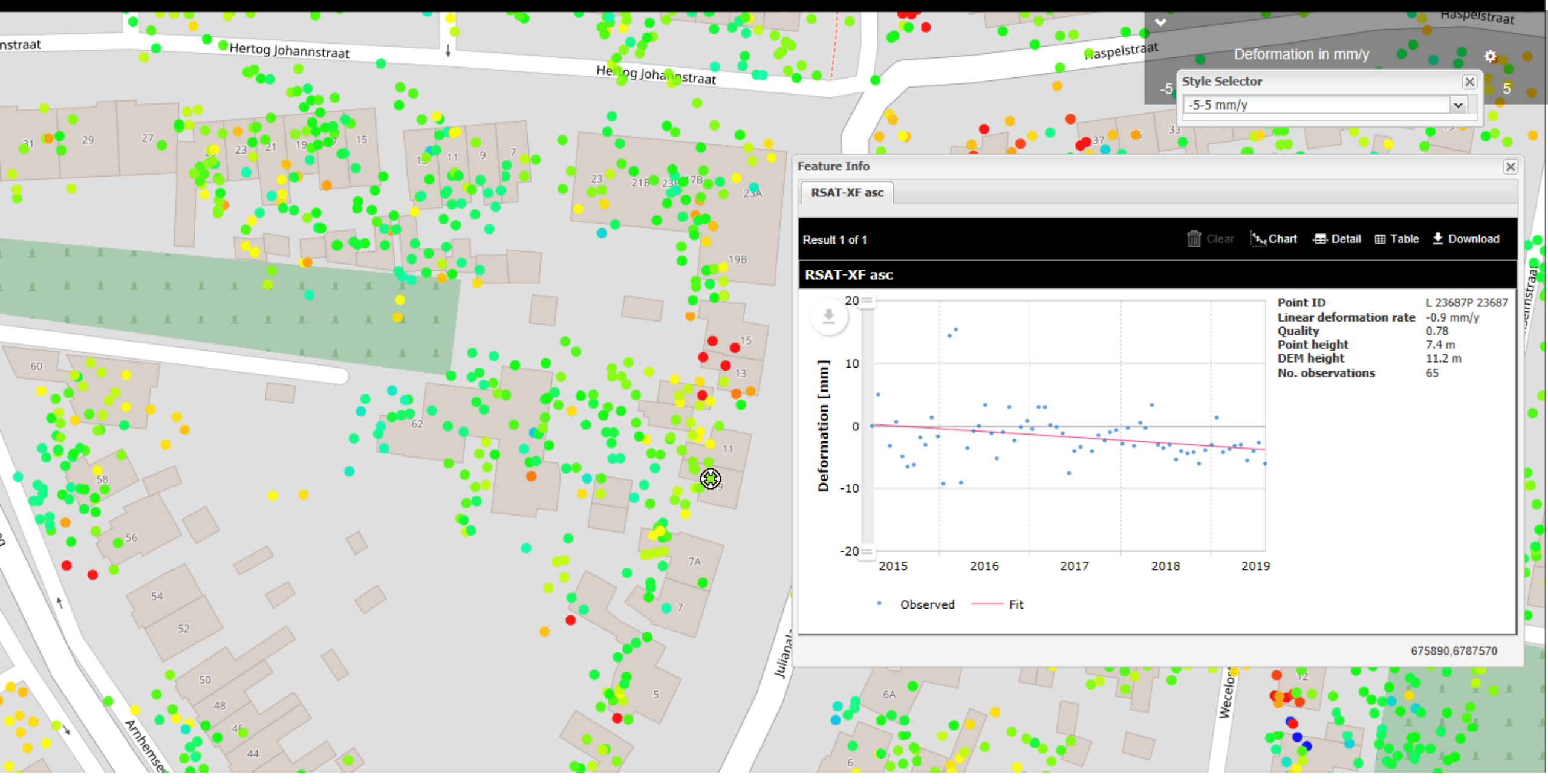
-5-5 mm/y



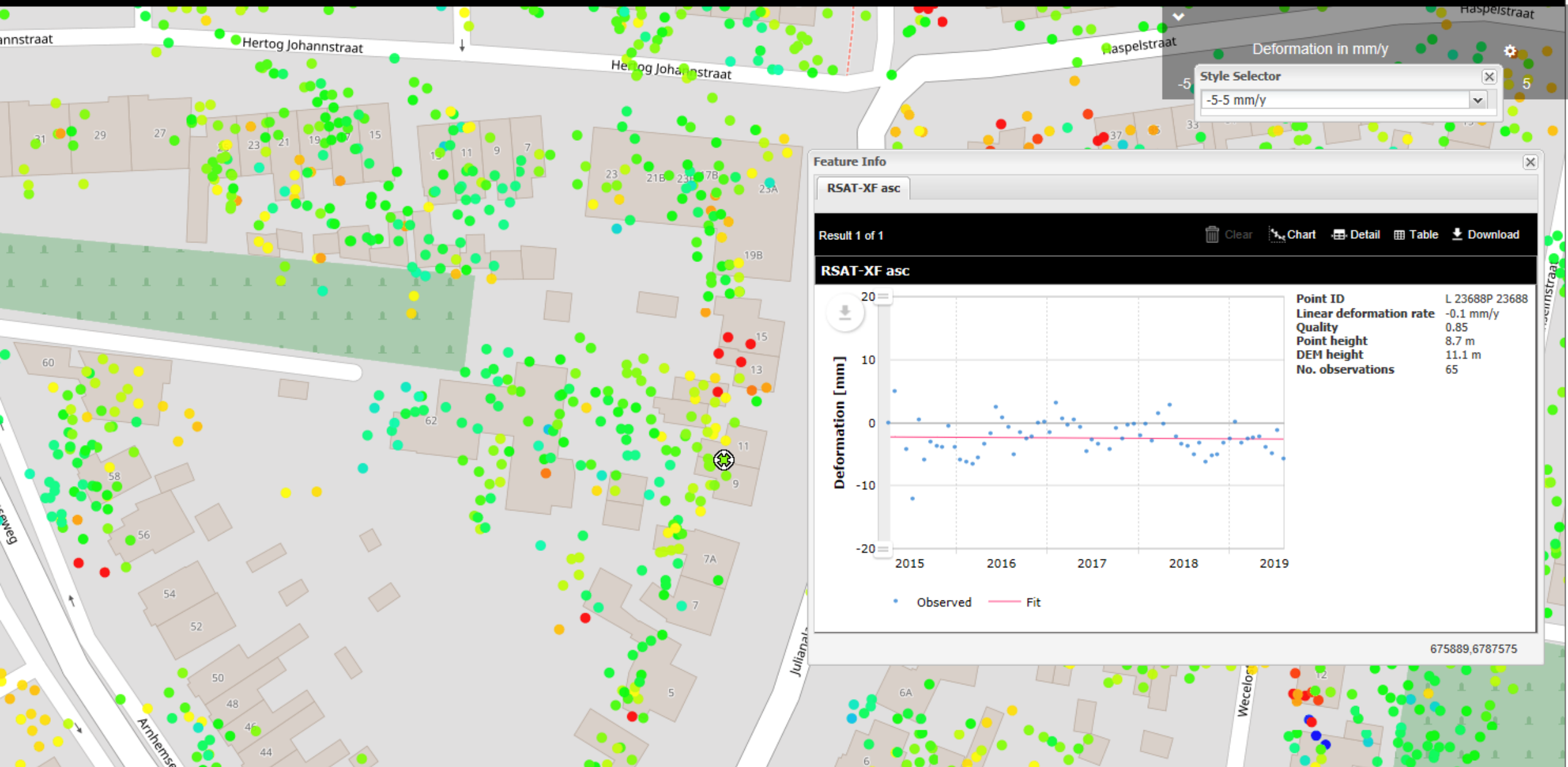
675876,6787533

Glazen/metalen dakopbouw?



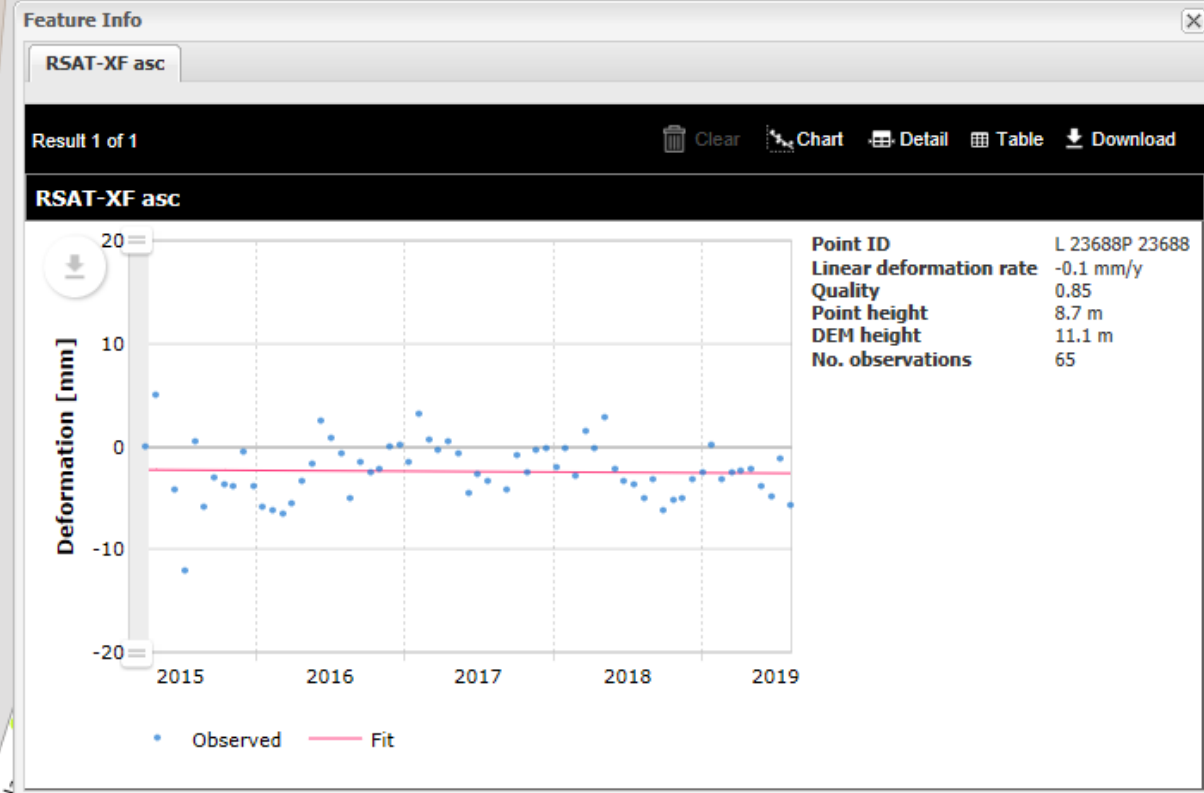


675890,6787570

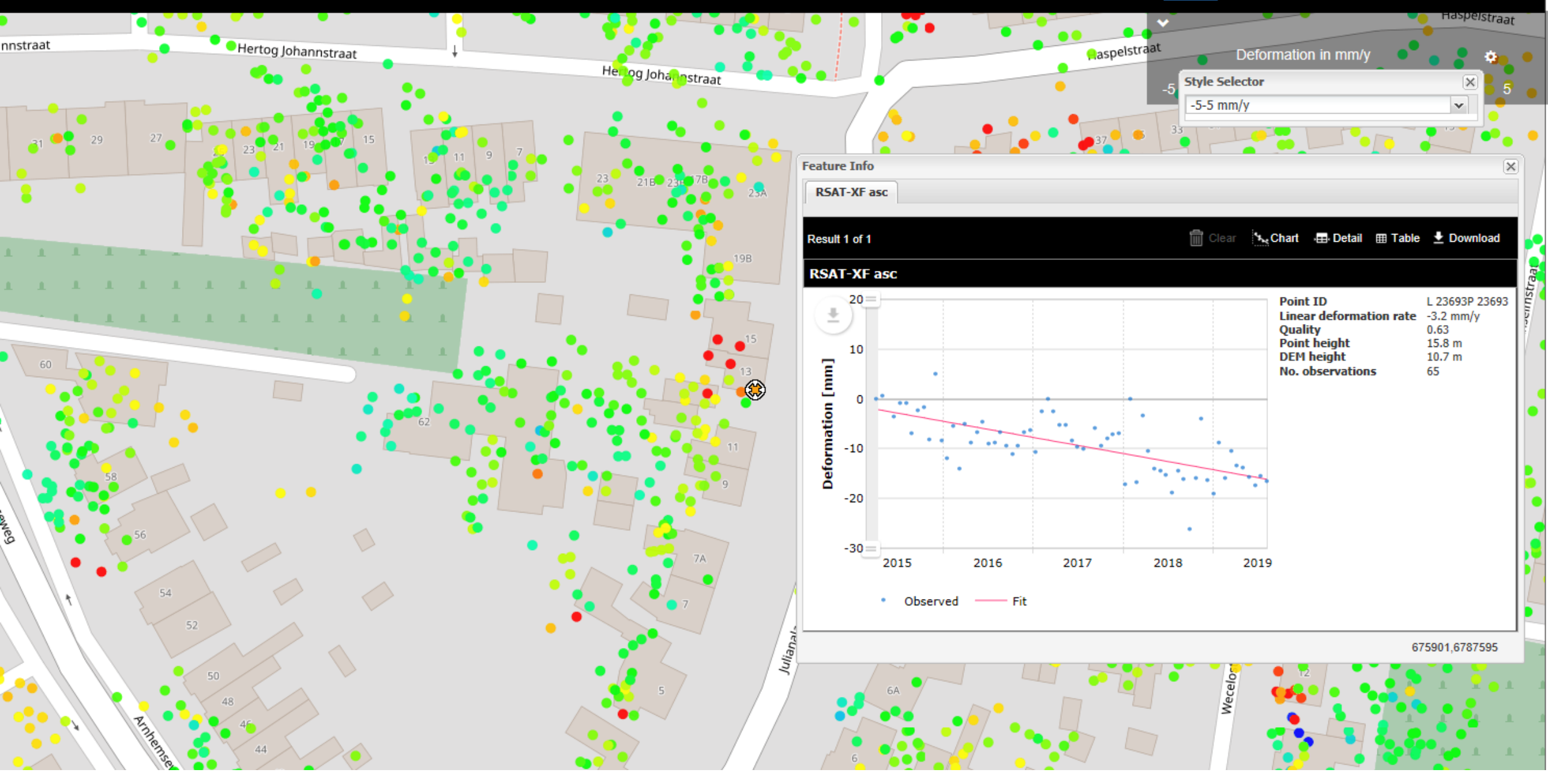


Style Selector

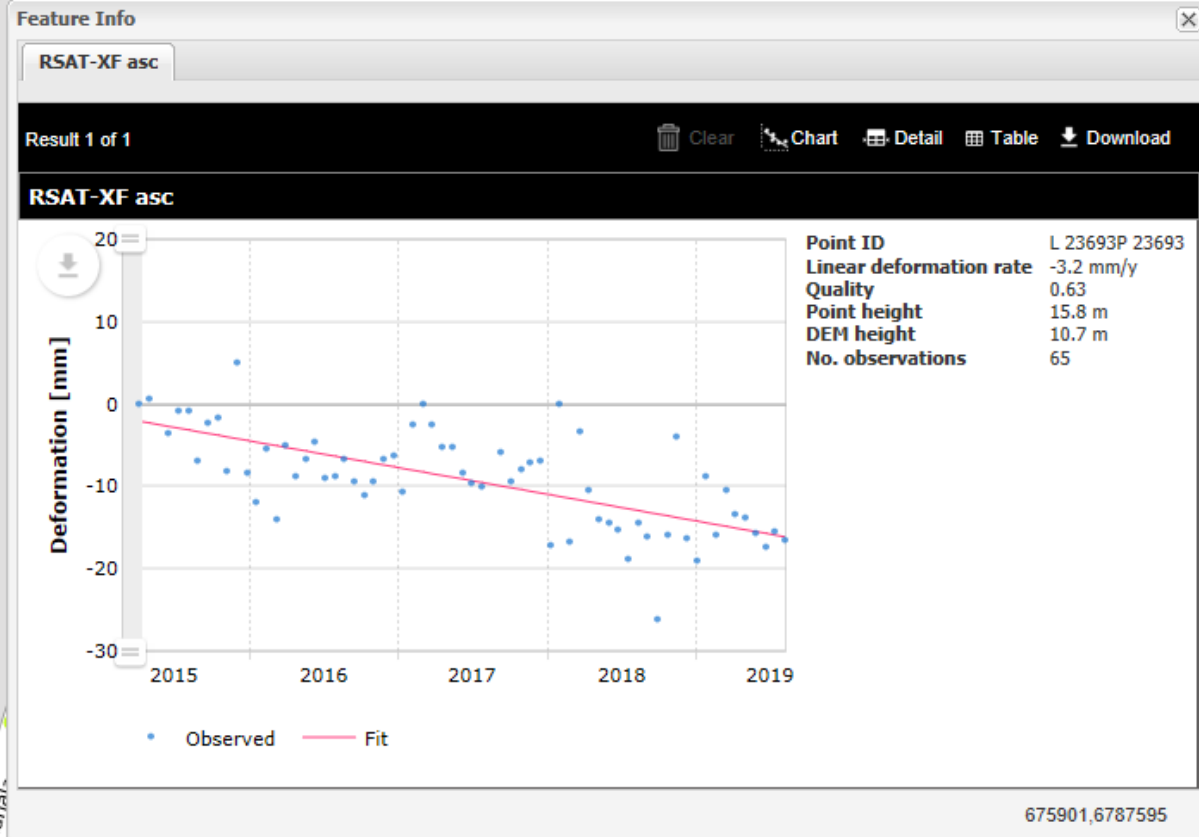
-5-5 mm/y



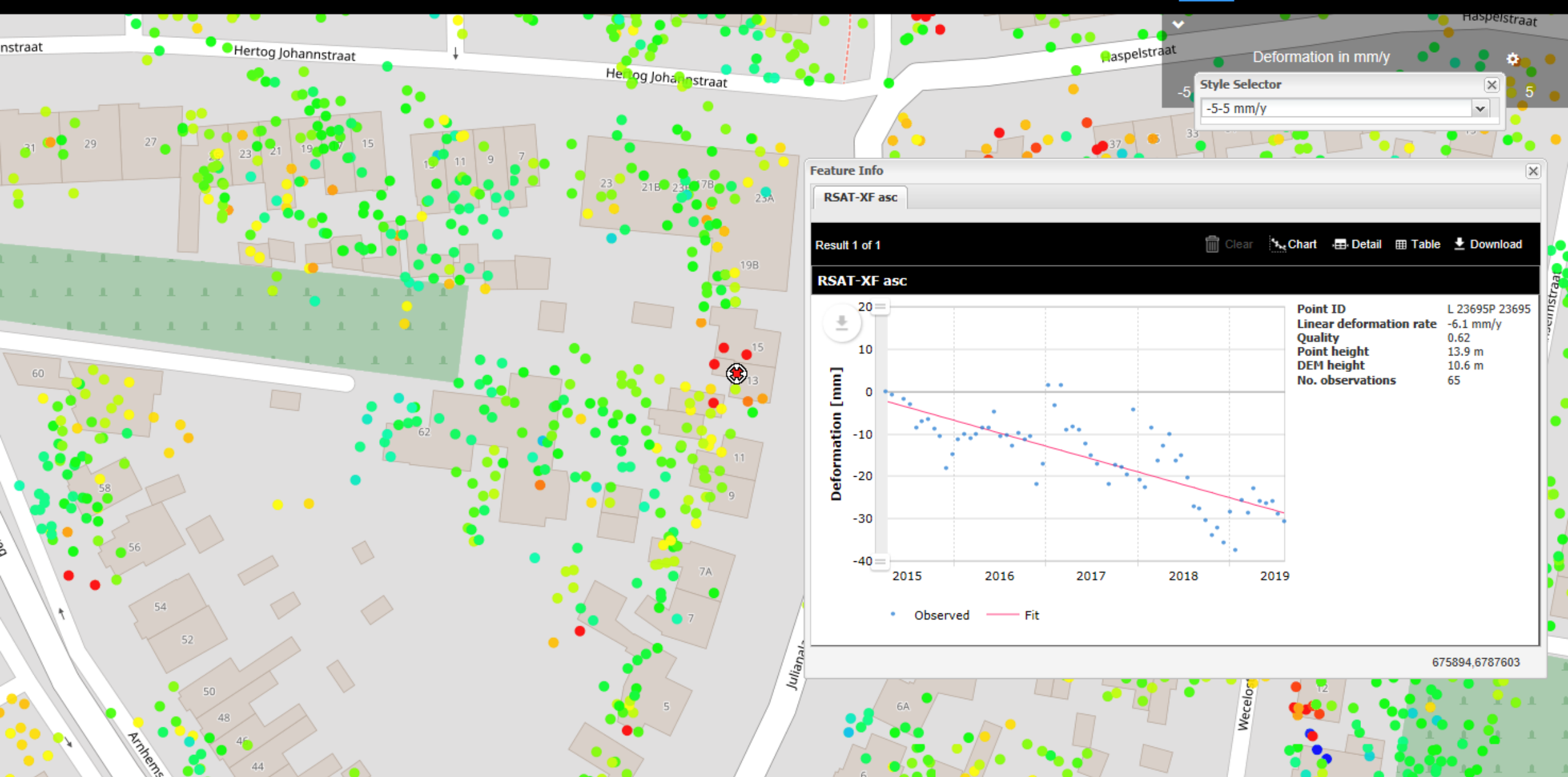
675889,6787575



Style Selector
 -5-5 mm/y

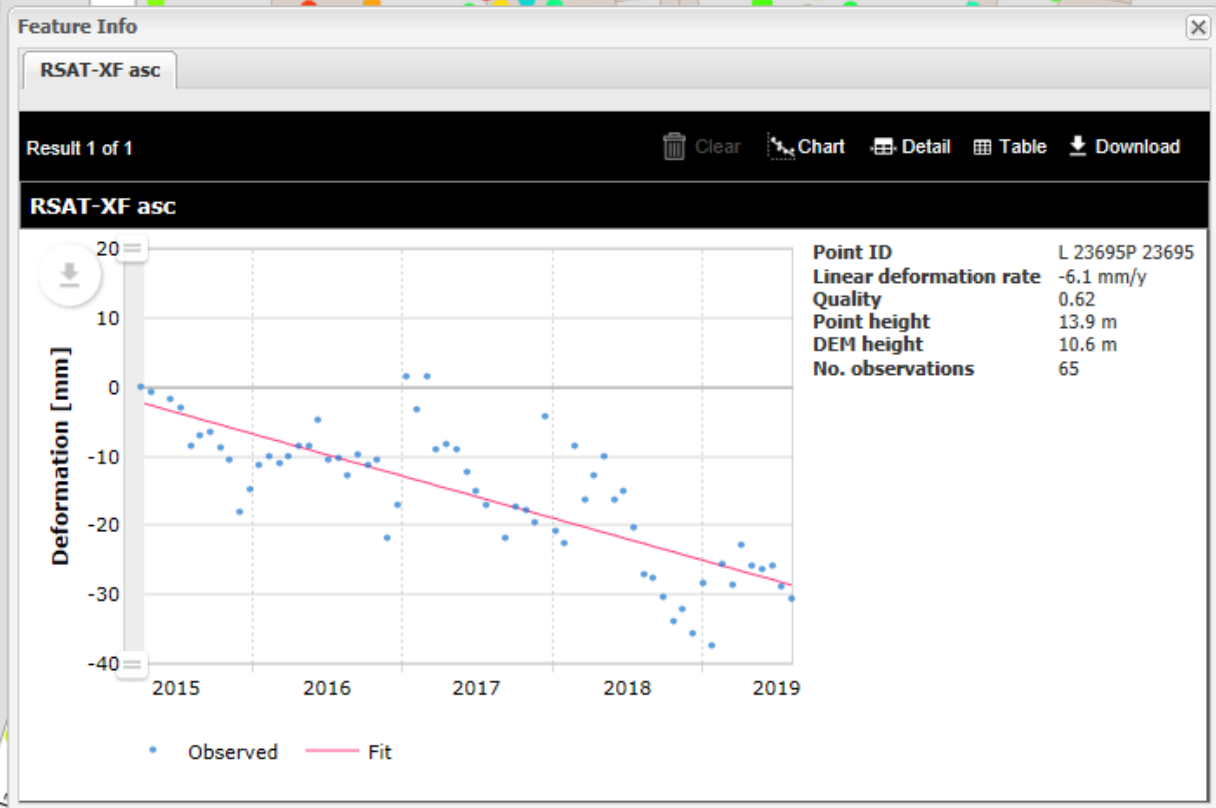


675901,6787595

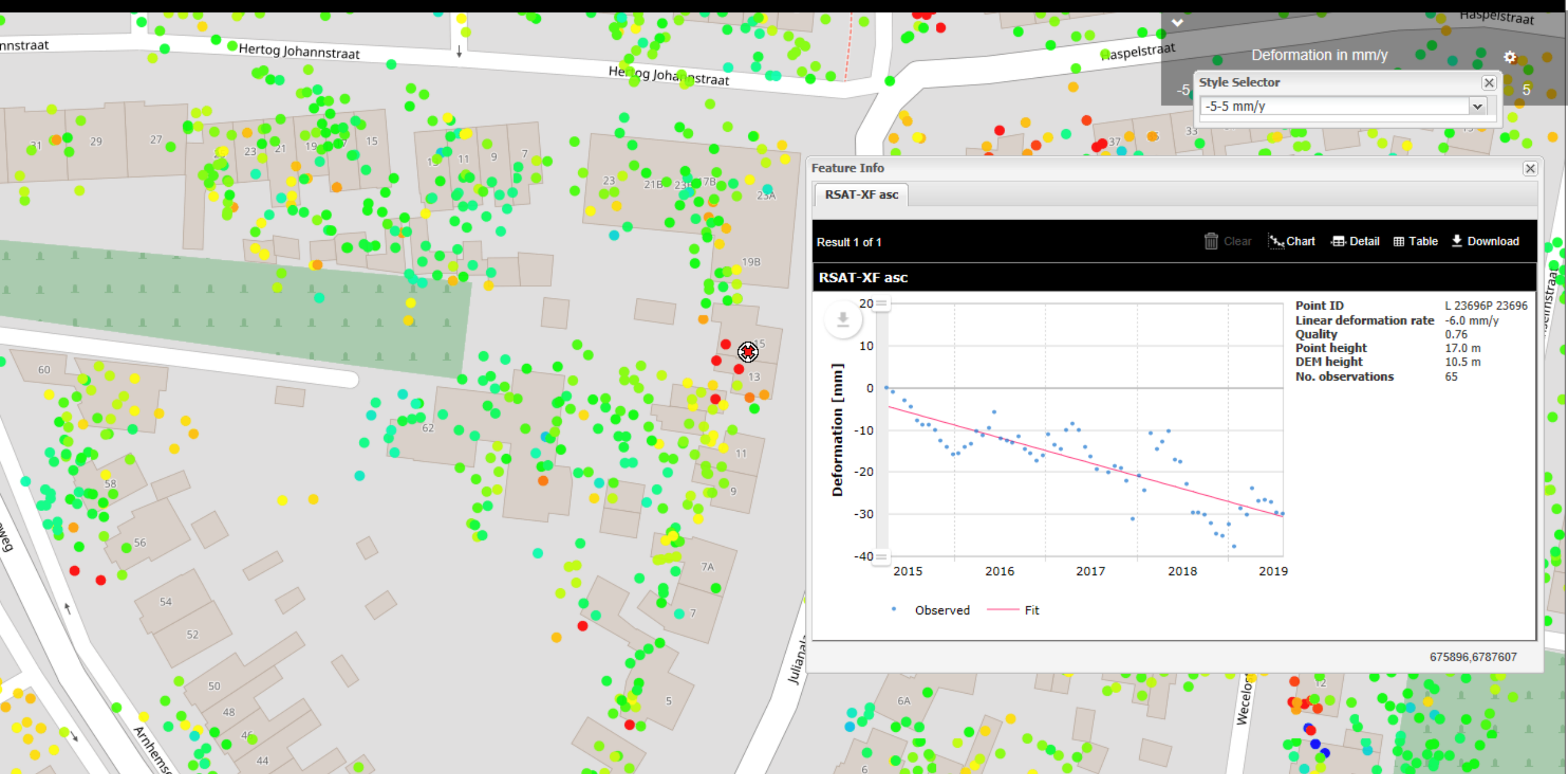


Style Selector

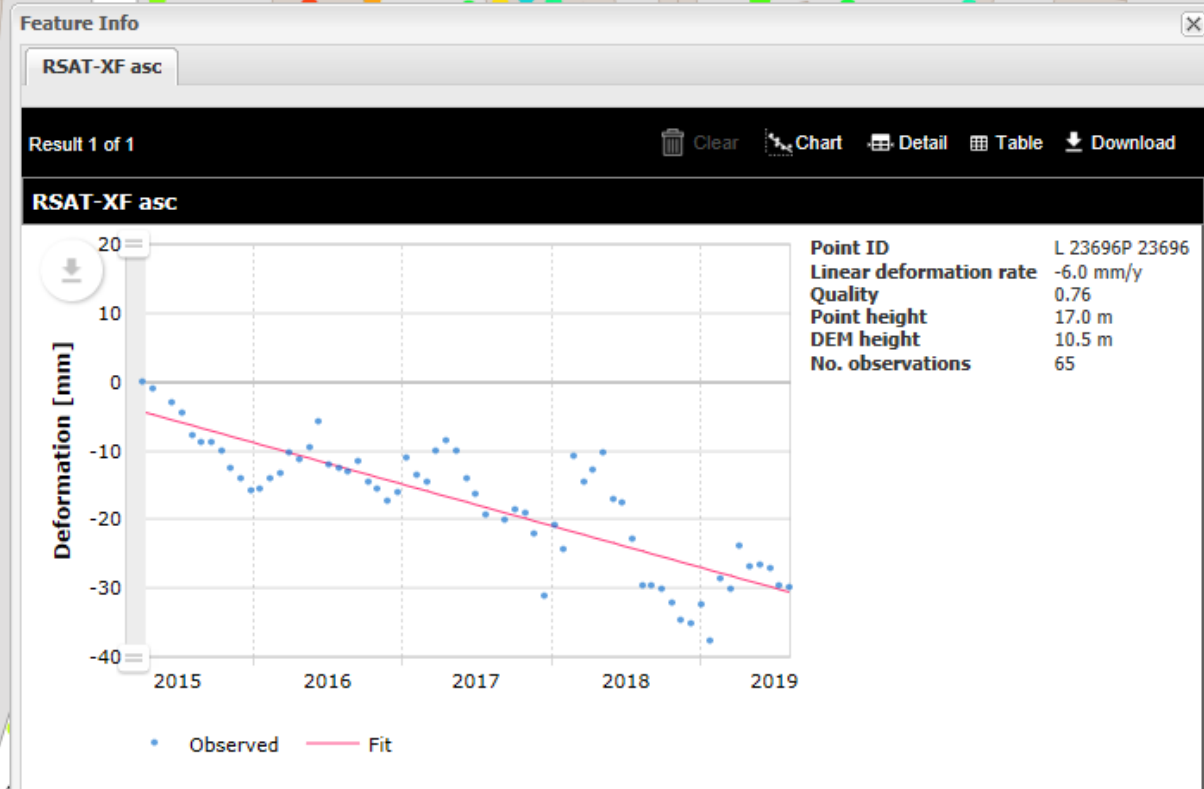
-5-5 mm/y



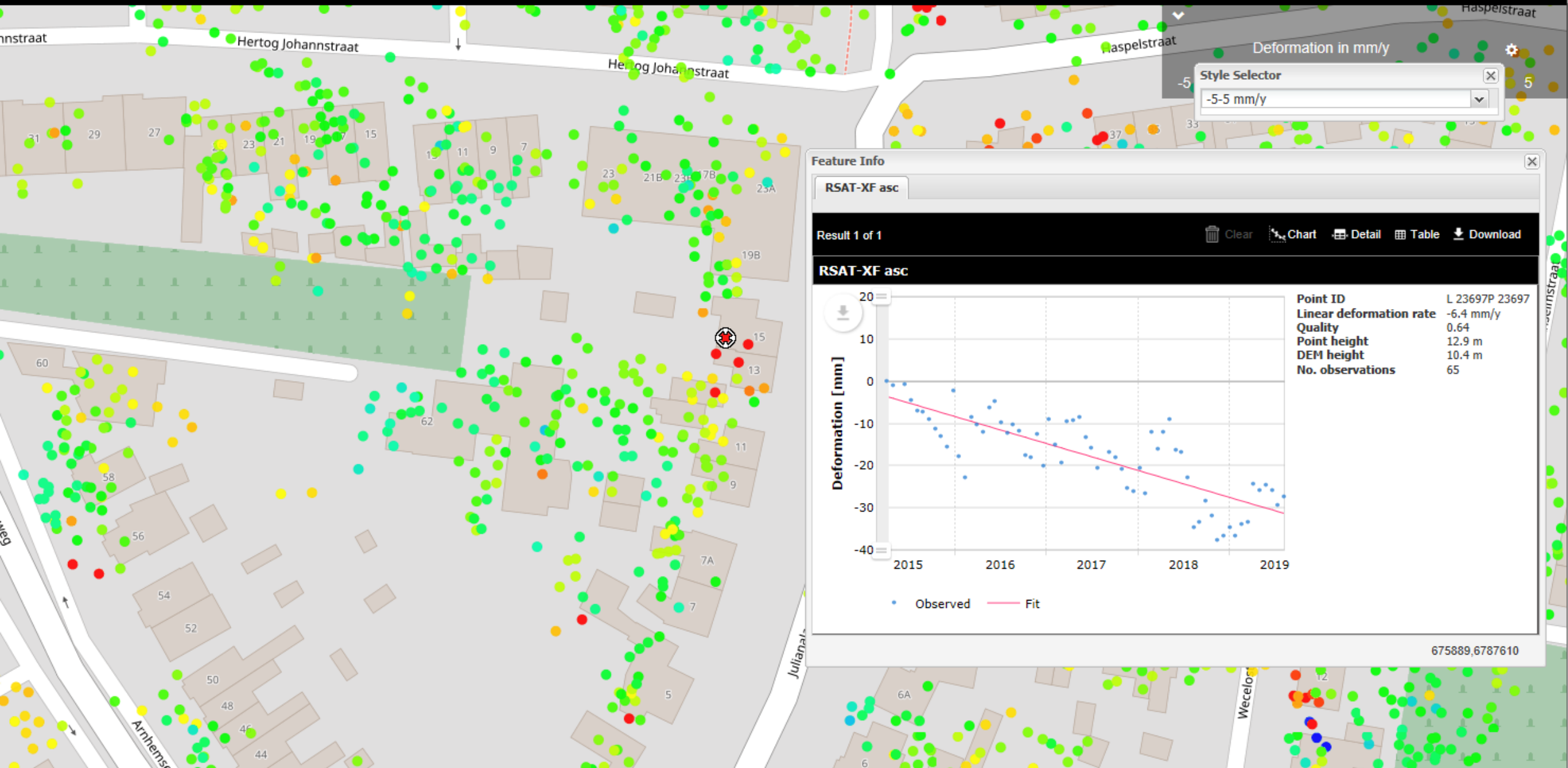
675894,6787603

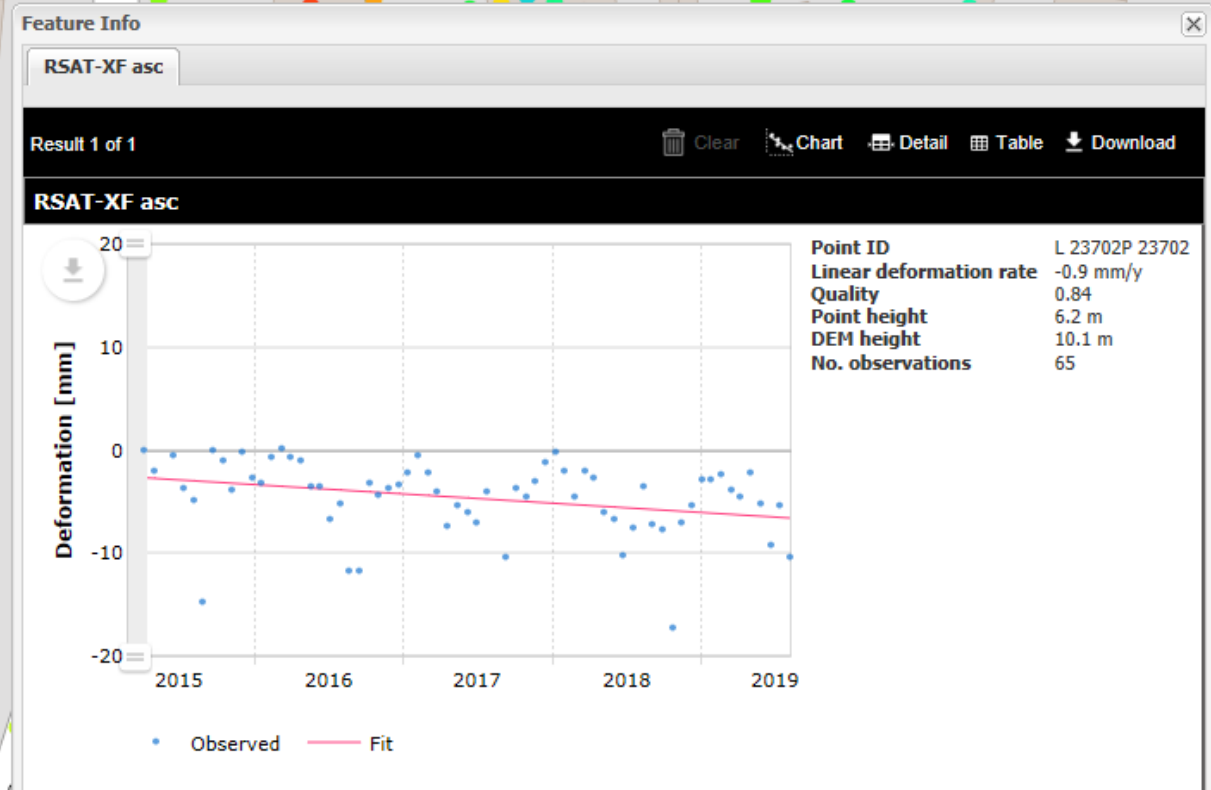
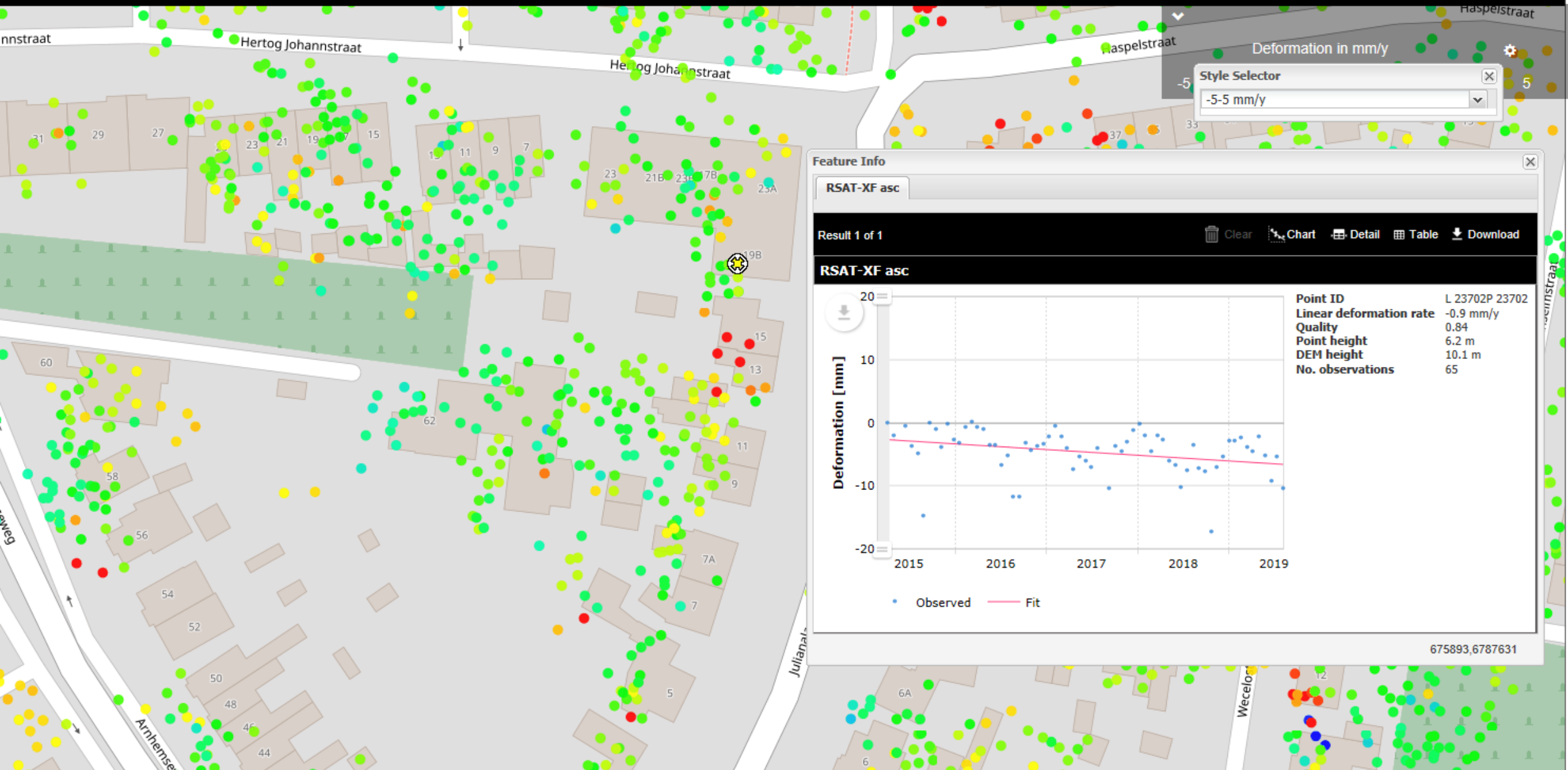


Style Selector
 -5-5 mm/y

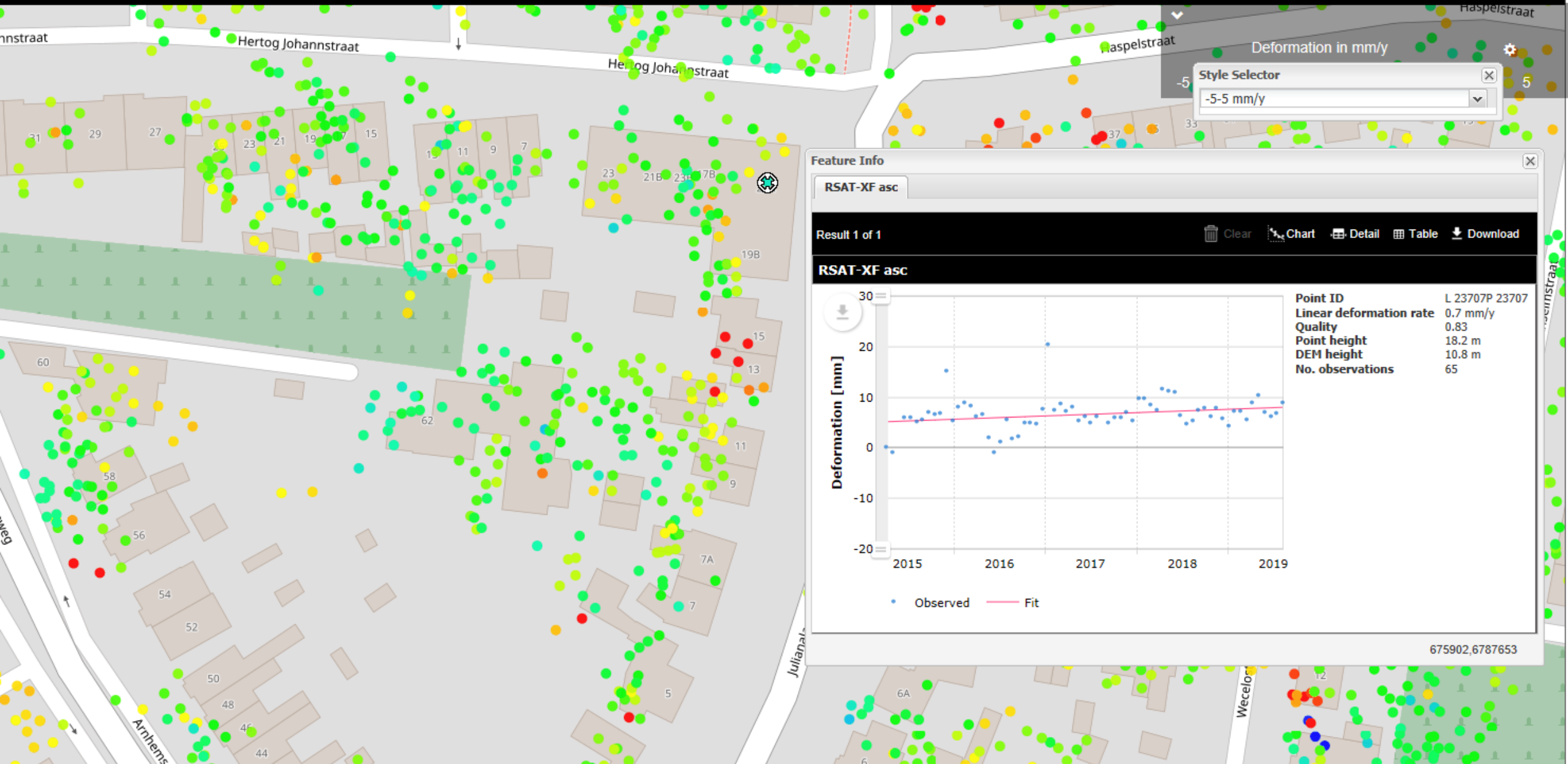


675896,6787607



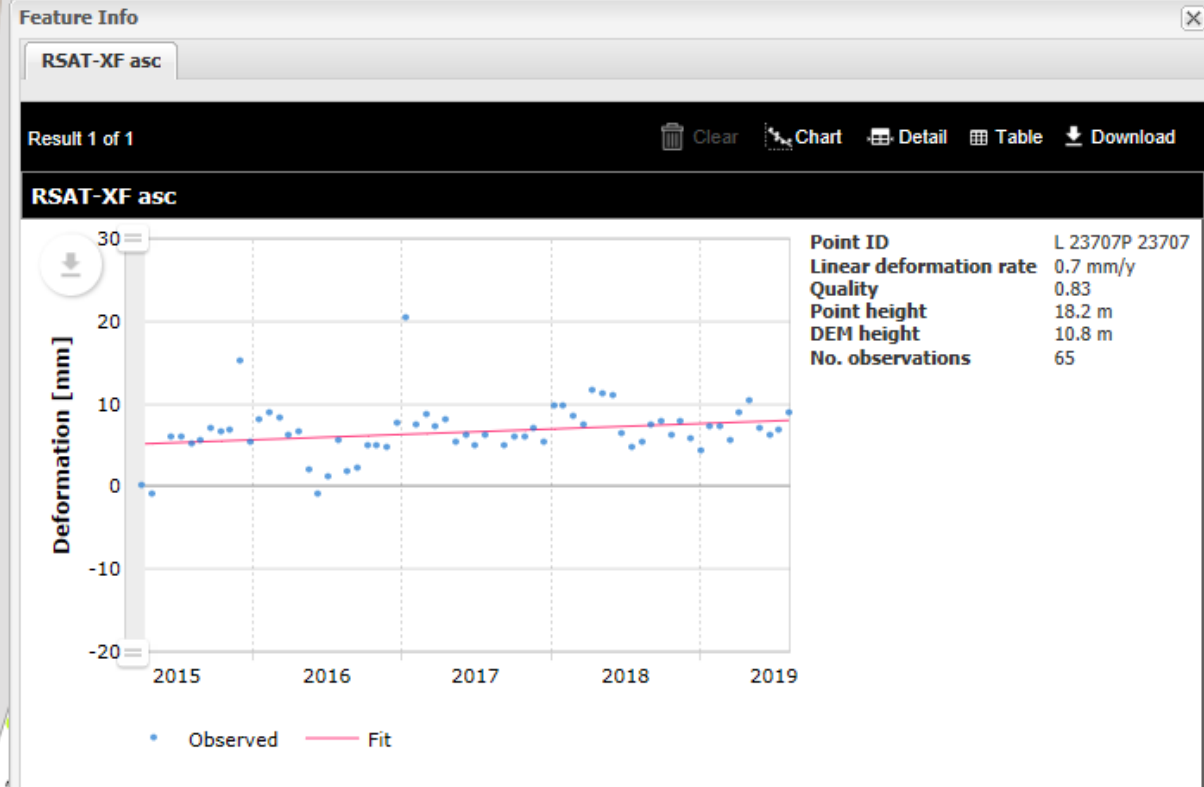


675893,6787631

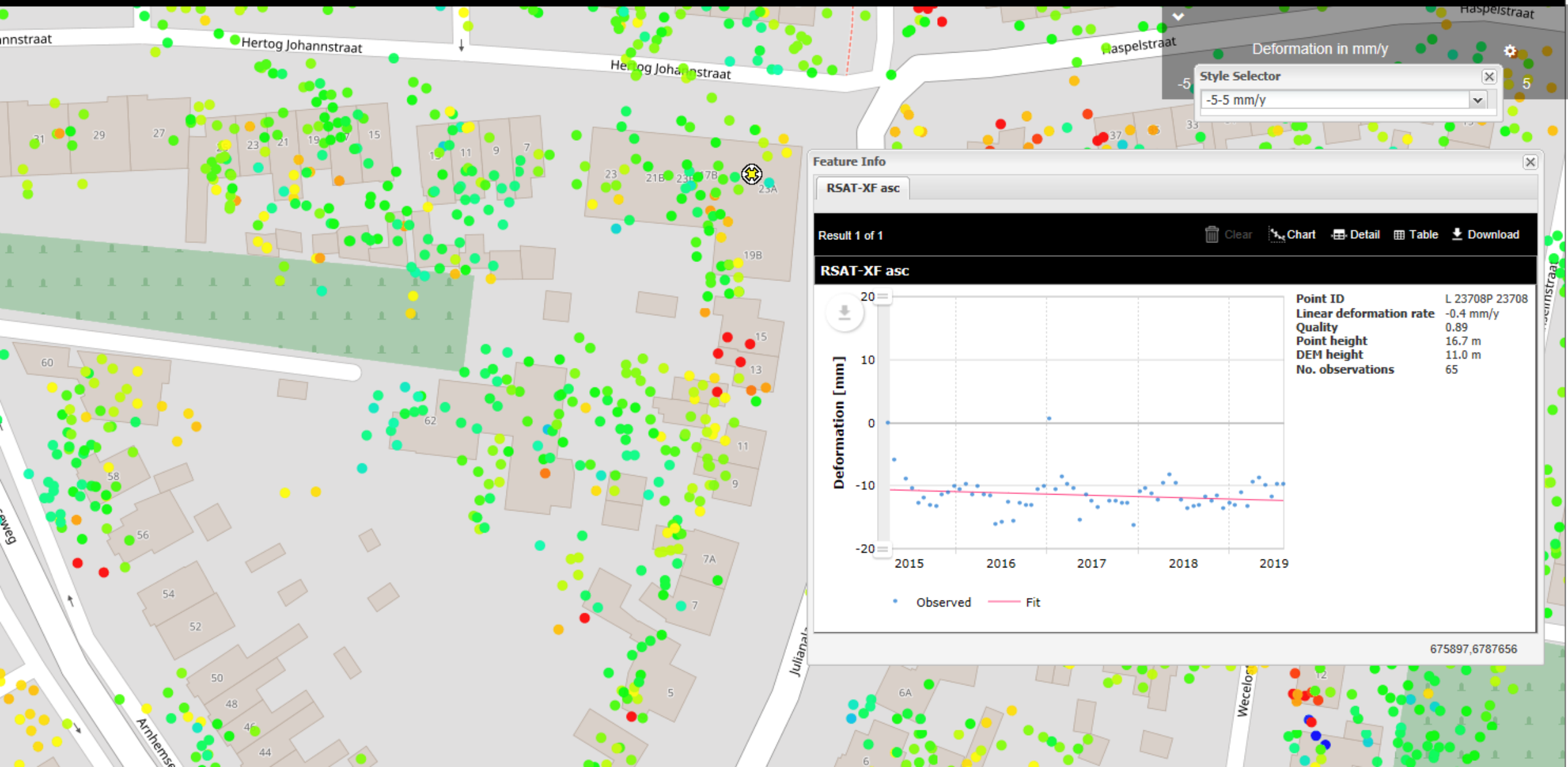


Style Selector

-5-5 mm/y

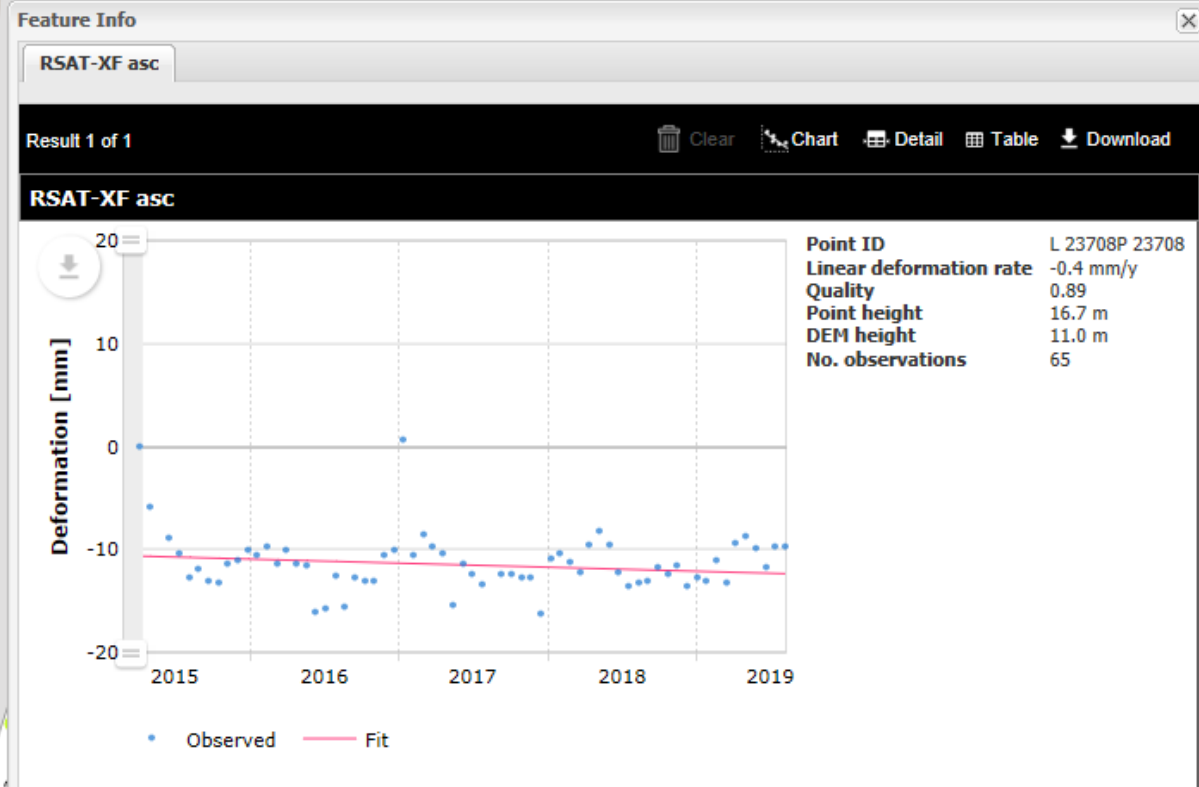


675902,6787653

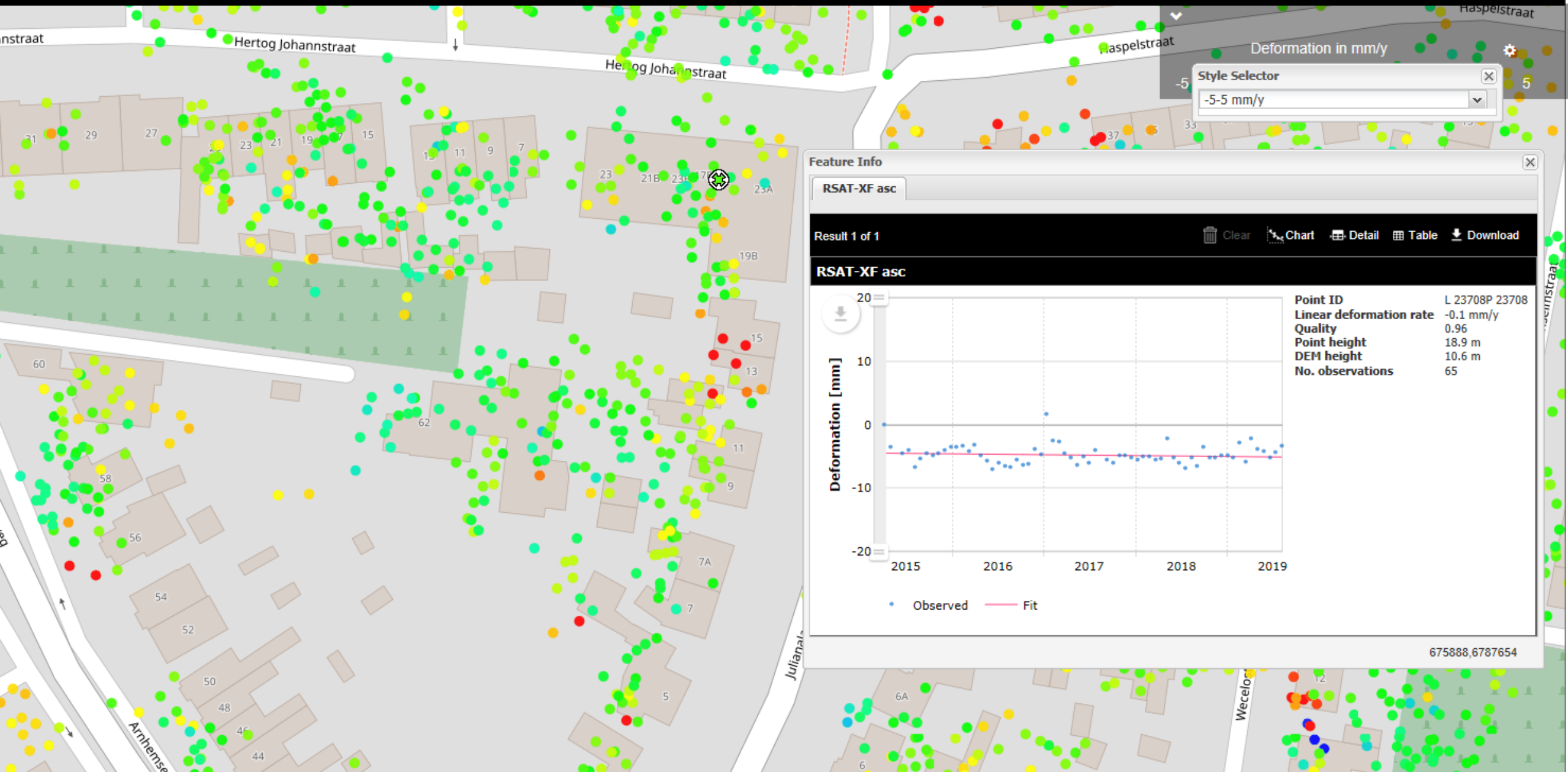


Style Selector

-5-5 mm/y

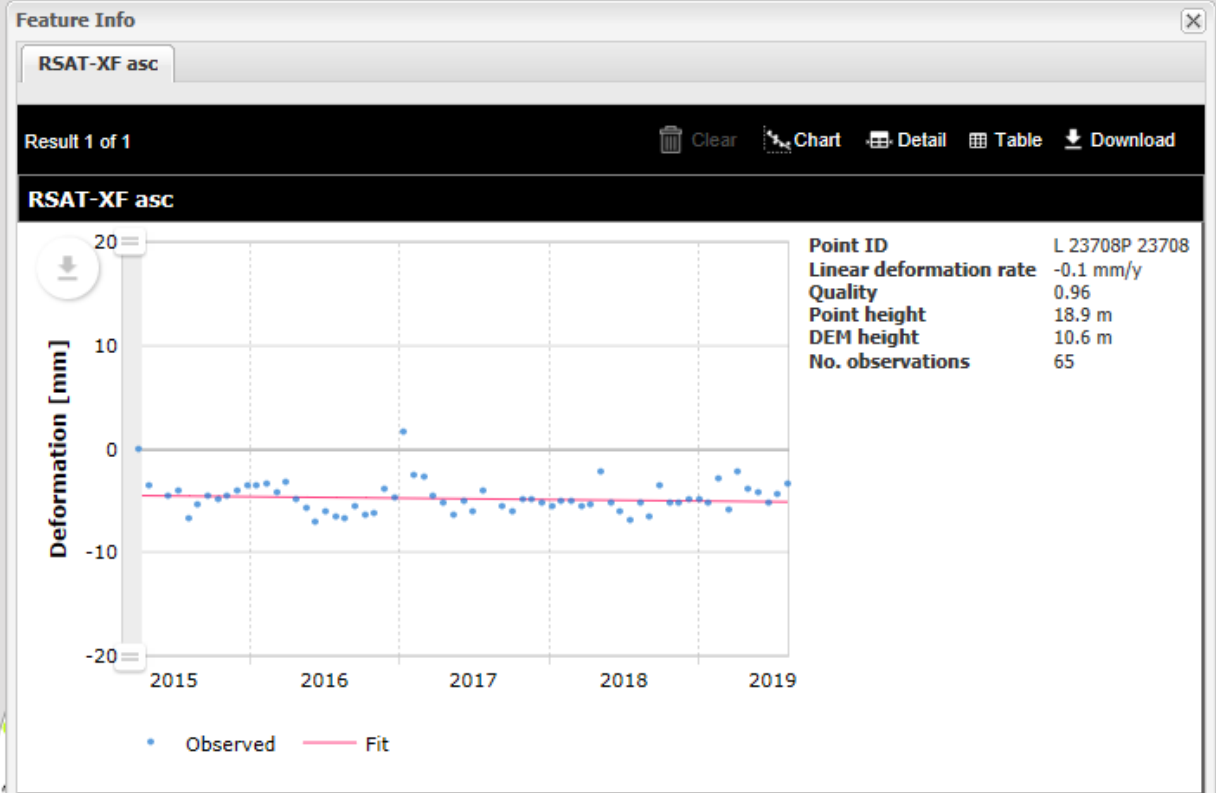


675897,6787656

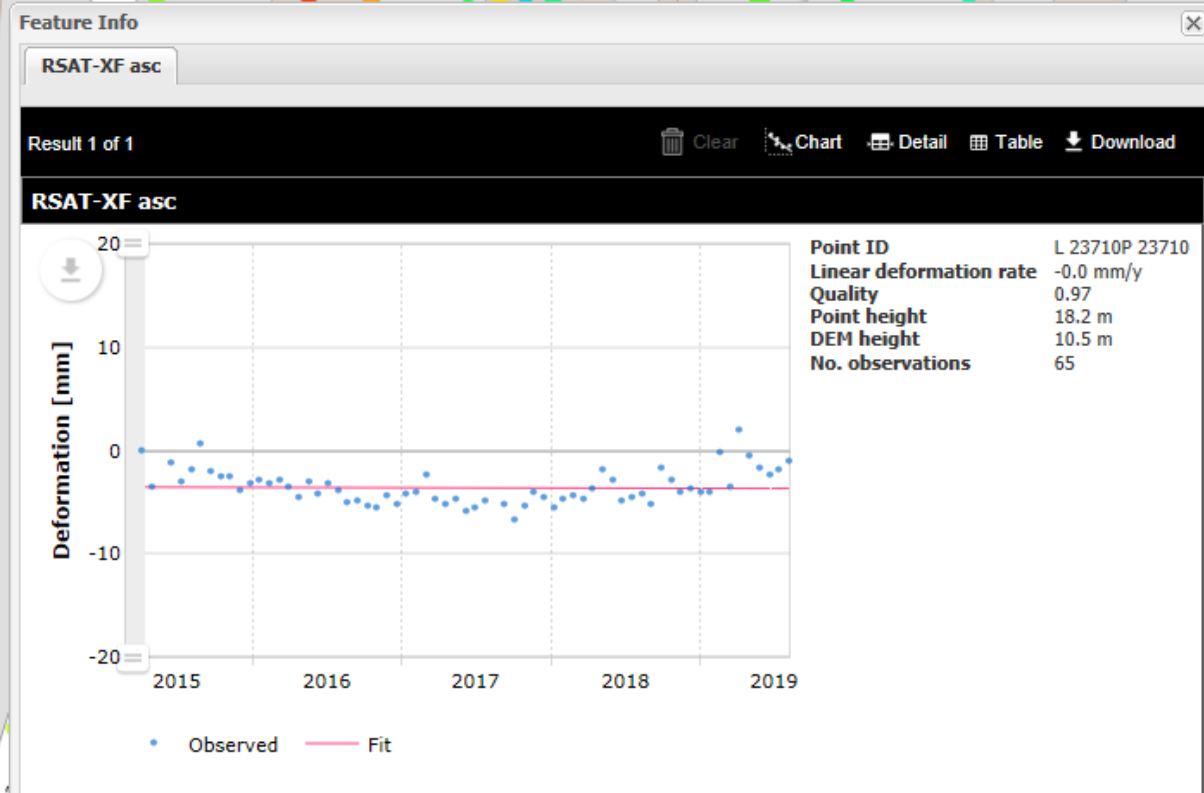
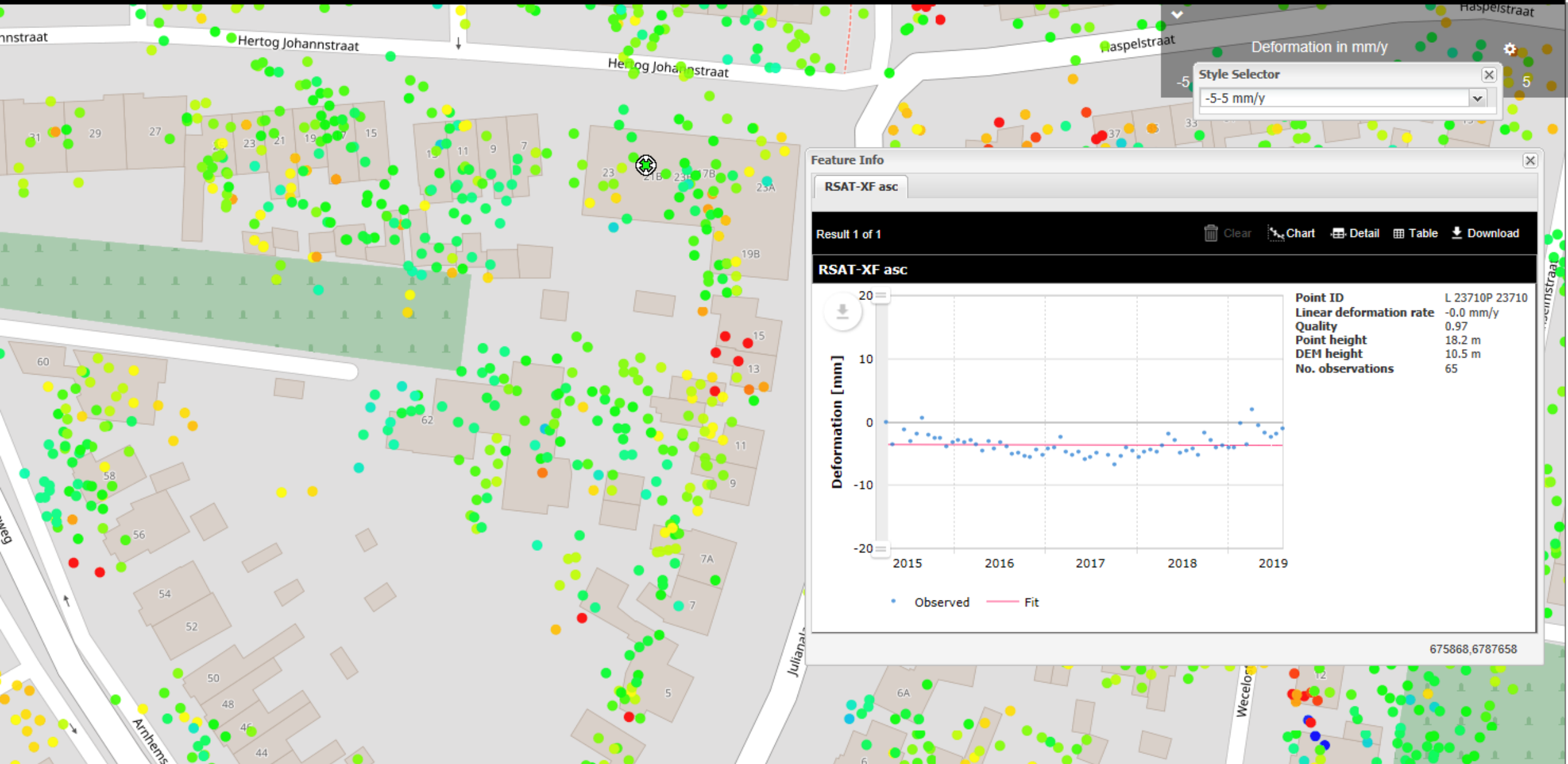


Style Selector

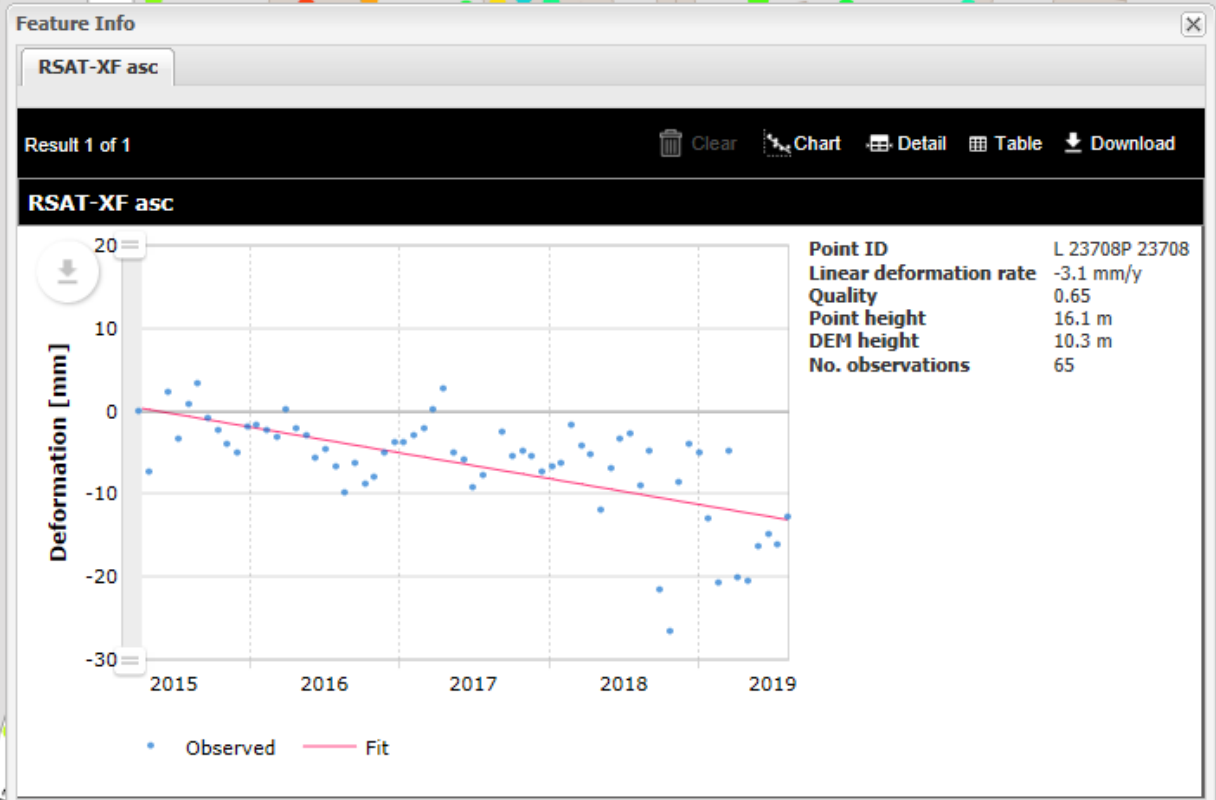
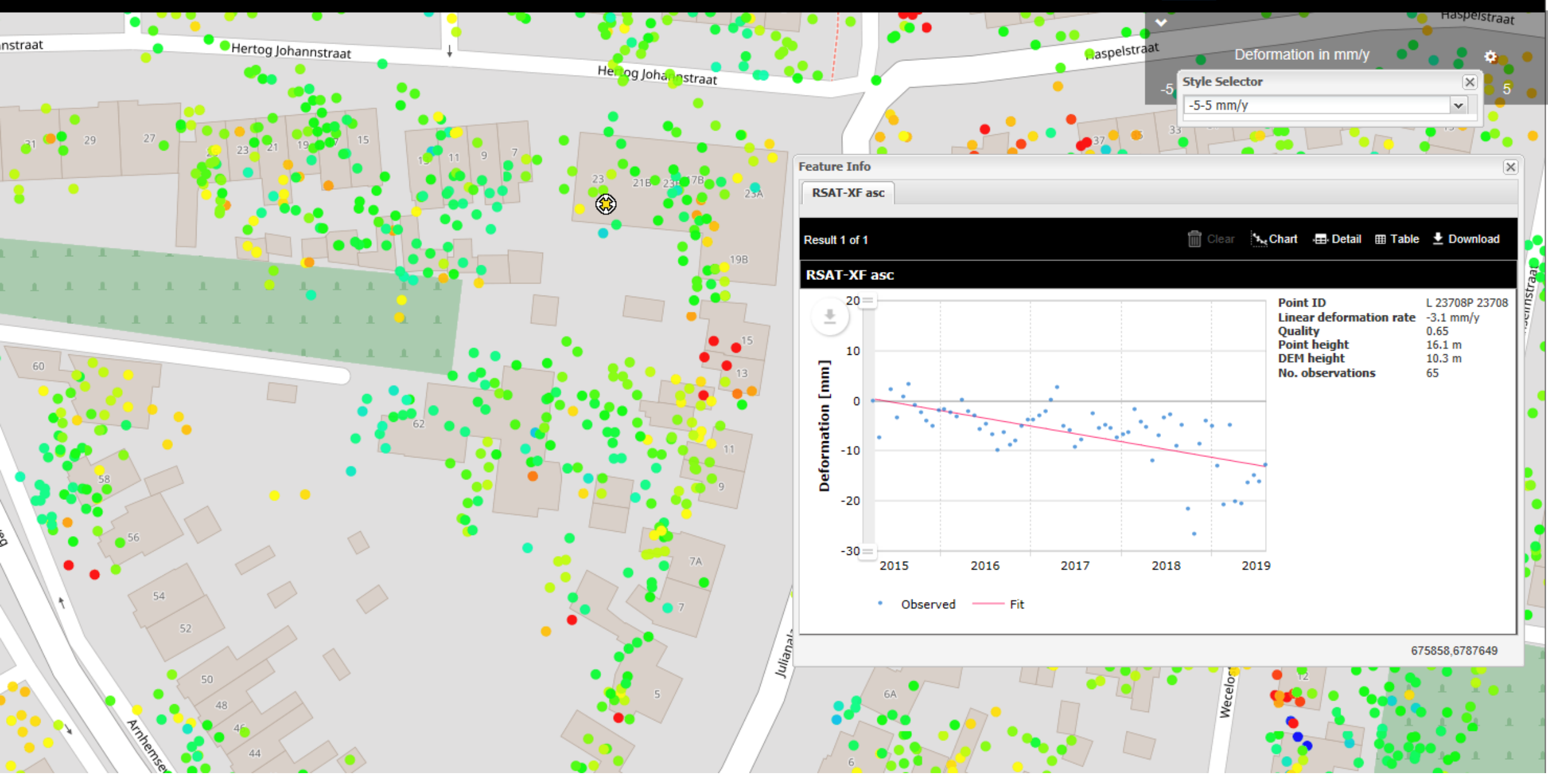
-5-5 mm/y



675888,6787654



675868,6787658



675858,6787649



Graaf Reinoutstraat

Graaf Reinoutstraat

Evenementenorganisatie
Hogeboos

Hertog Johannstraat

Hertog Johannstraat

Hertog Johannstraat

Julianalaan

Julianalaan

Haspelstraat

Haspelstraat

Subenharstraat

Subenharstraat

Subenharstraat

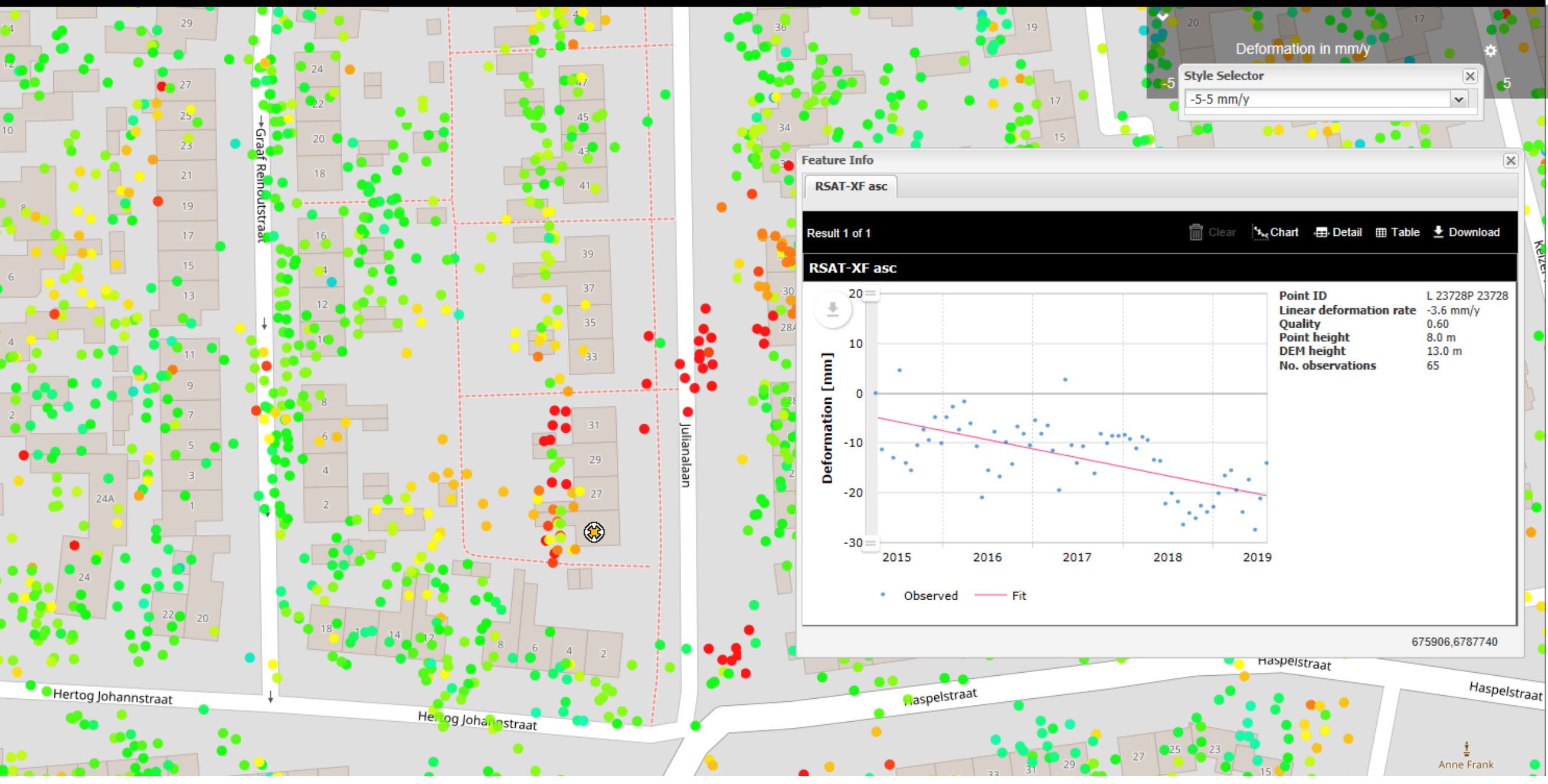
Cafe Zaal 't Haspeltje

Paula's Haarmode

Beautysalon
Monique Kersbergen

selmstraat

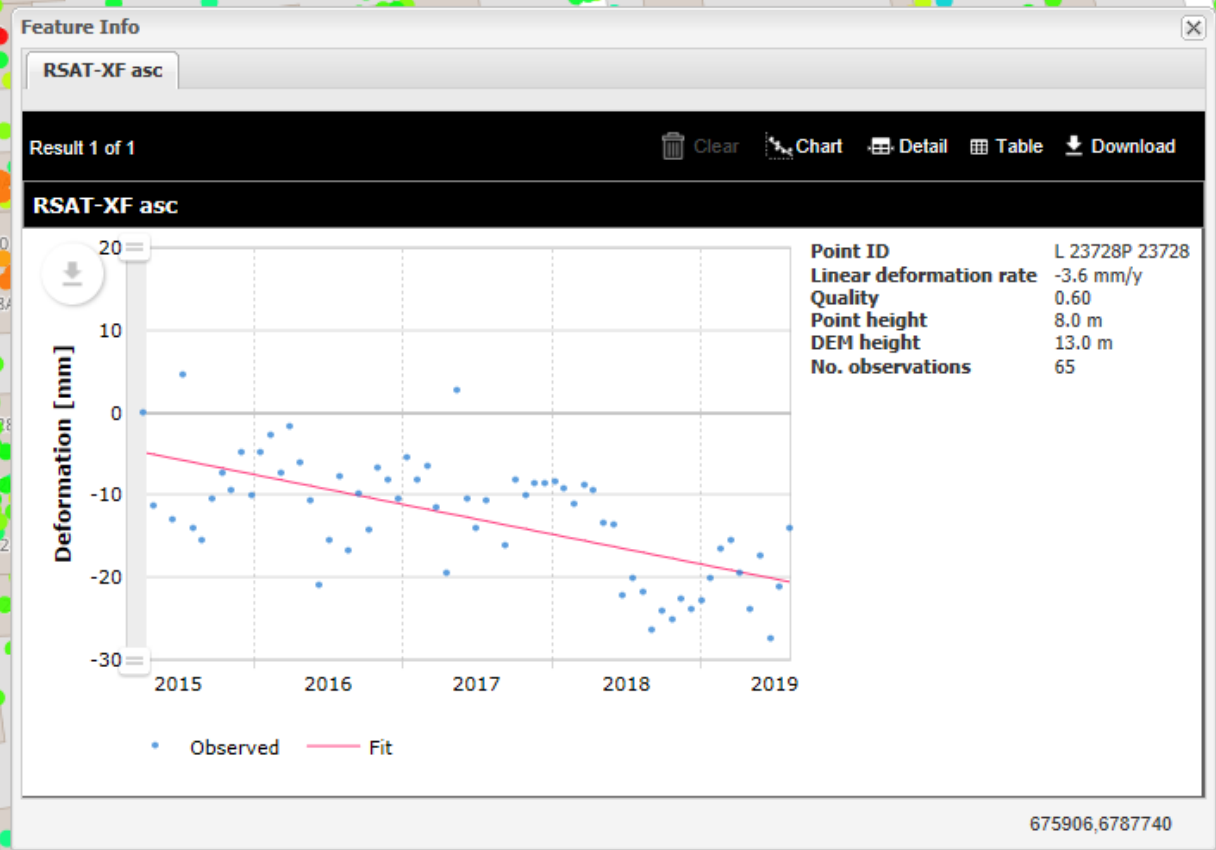
Keizer Hendrikstraat

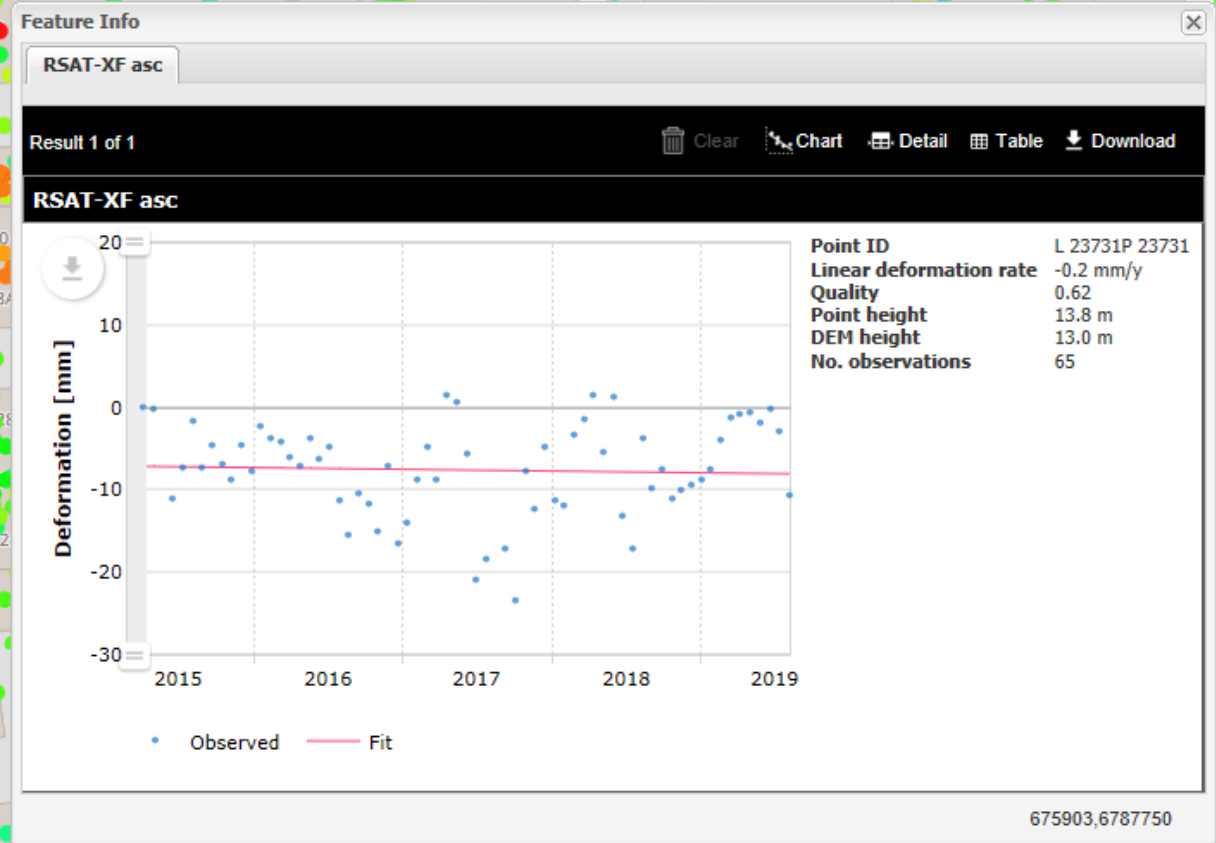
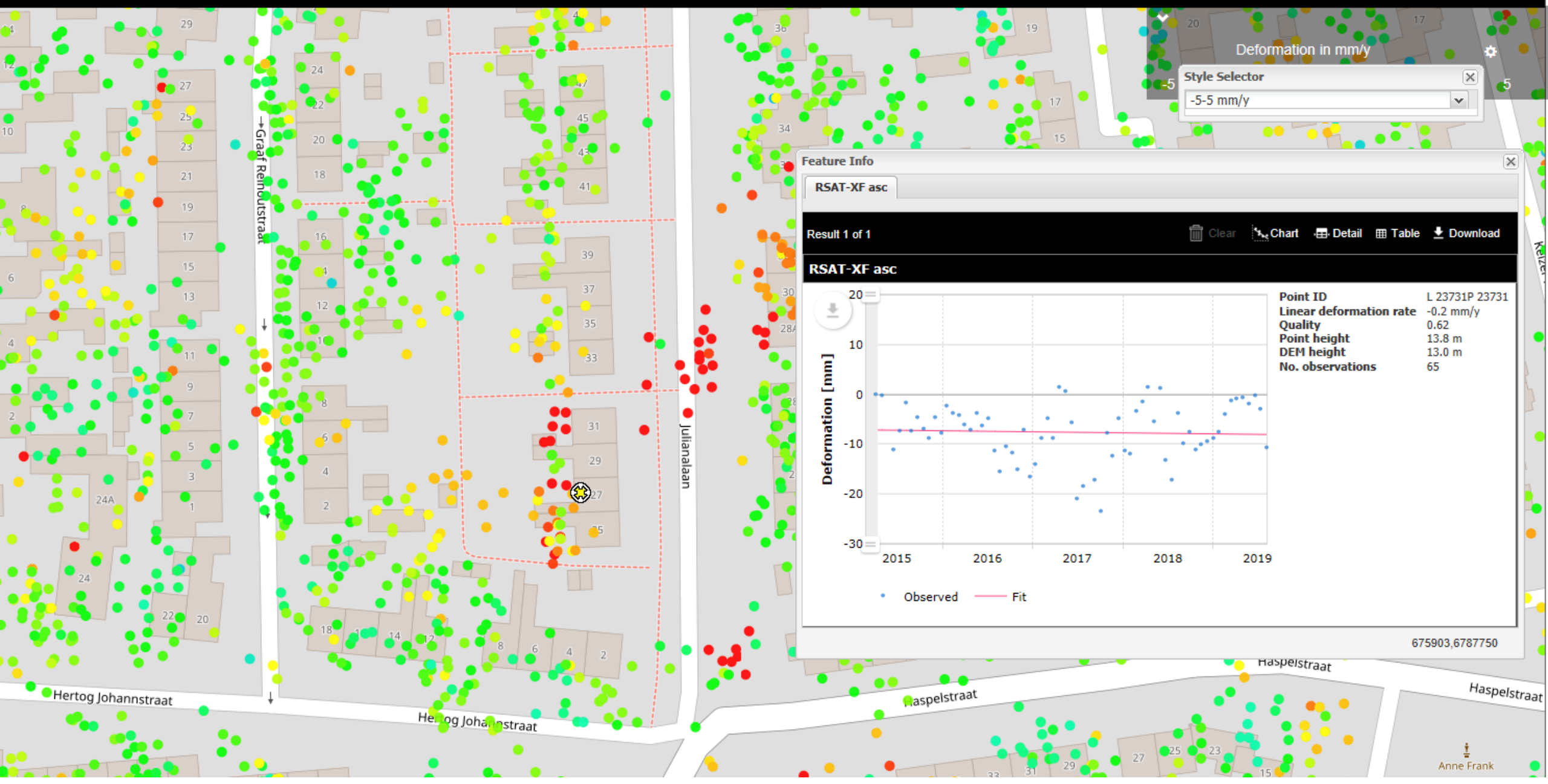


Deformation in mm/y

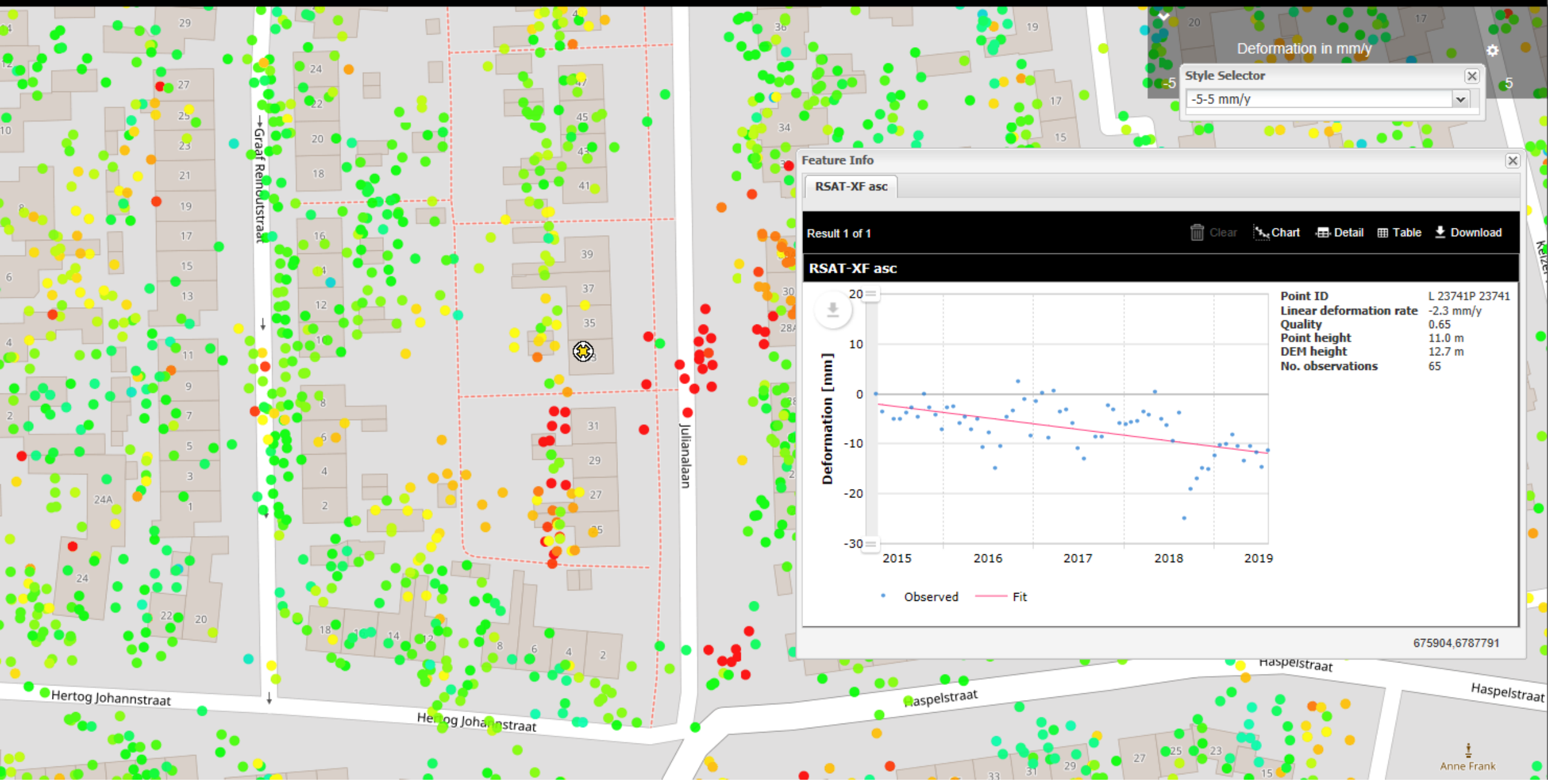
Style Selector

-5-5 mm/y





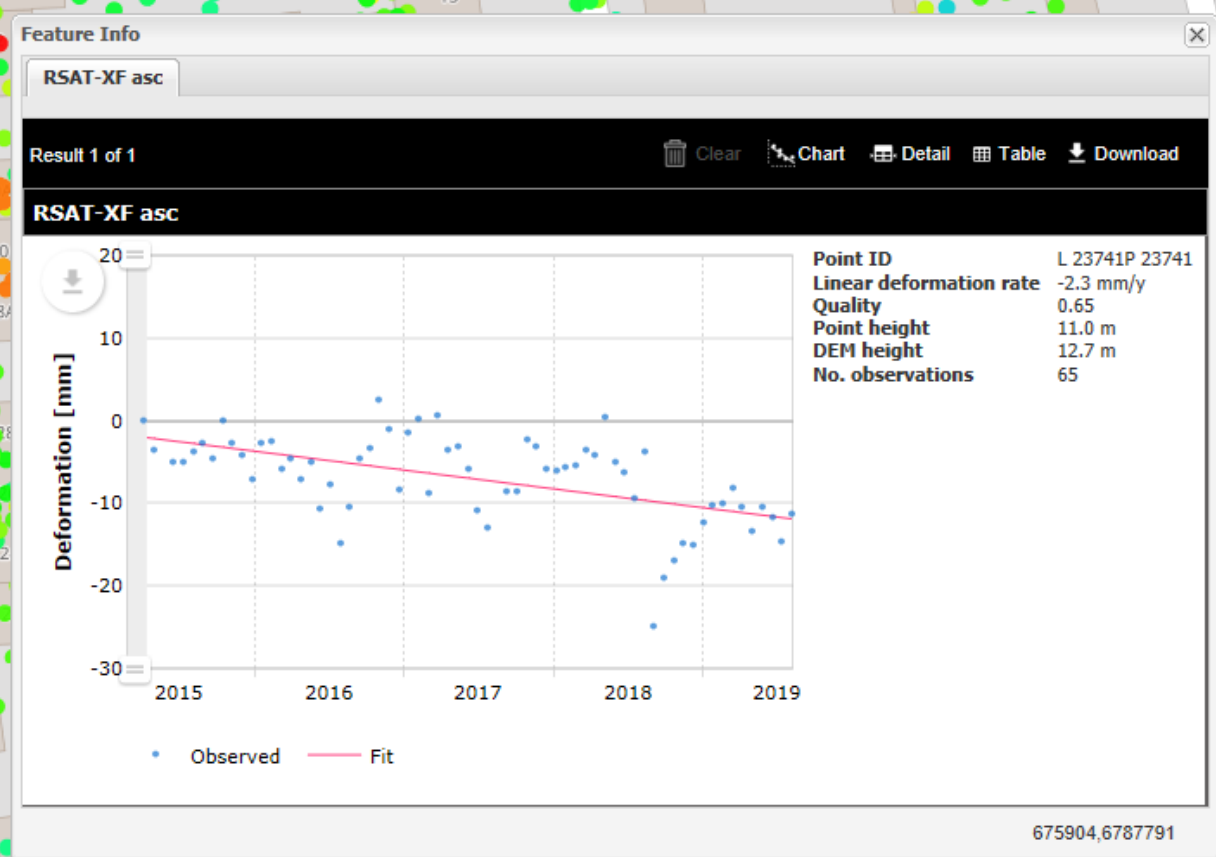
675903,6787750



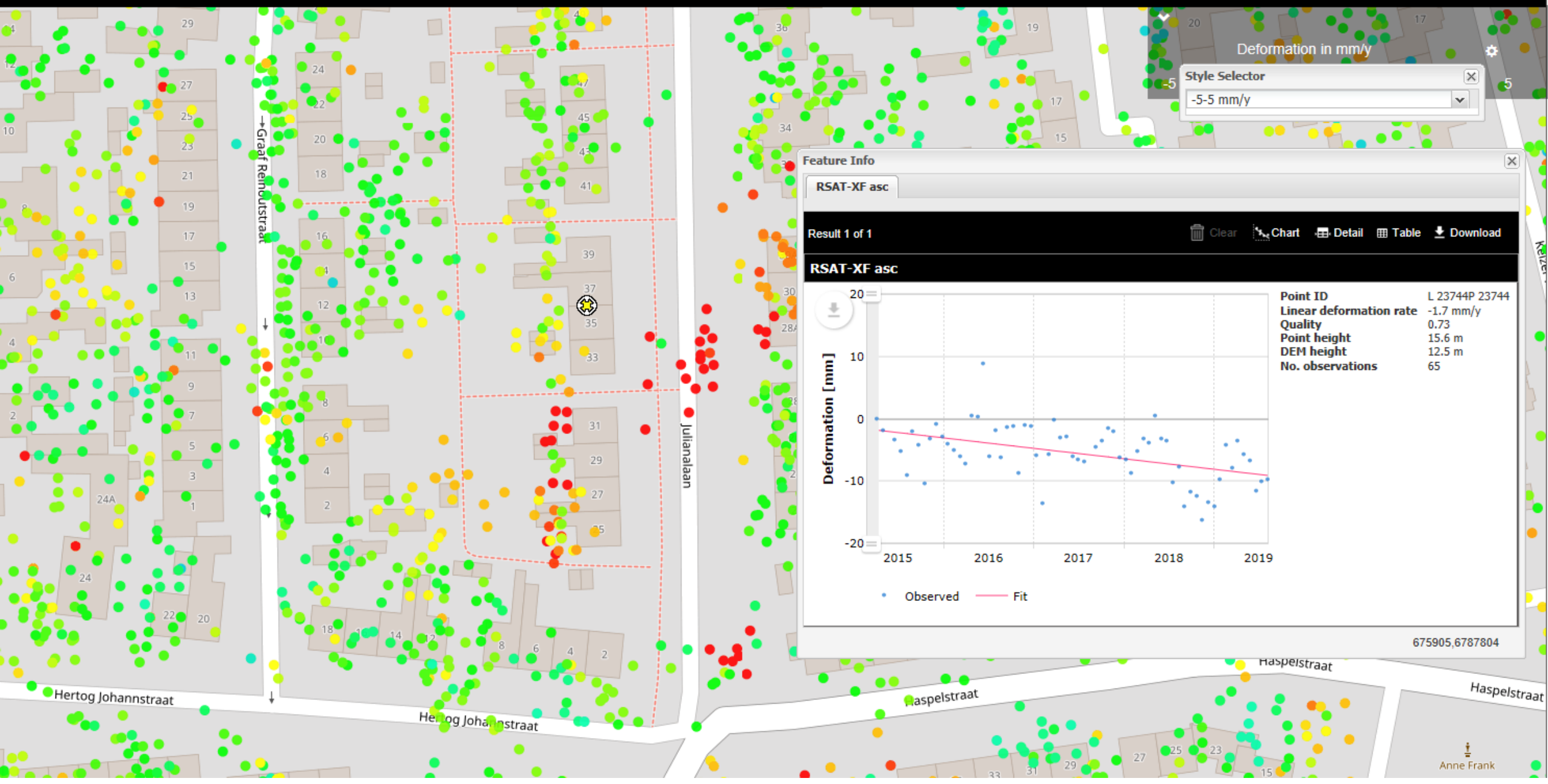
Deformation in mm/y

Style Selector

-5-5 mm/y



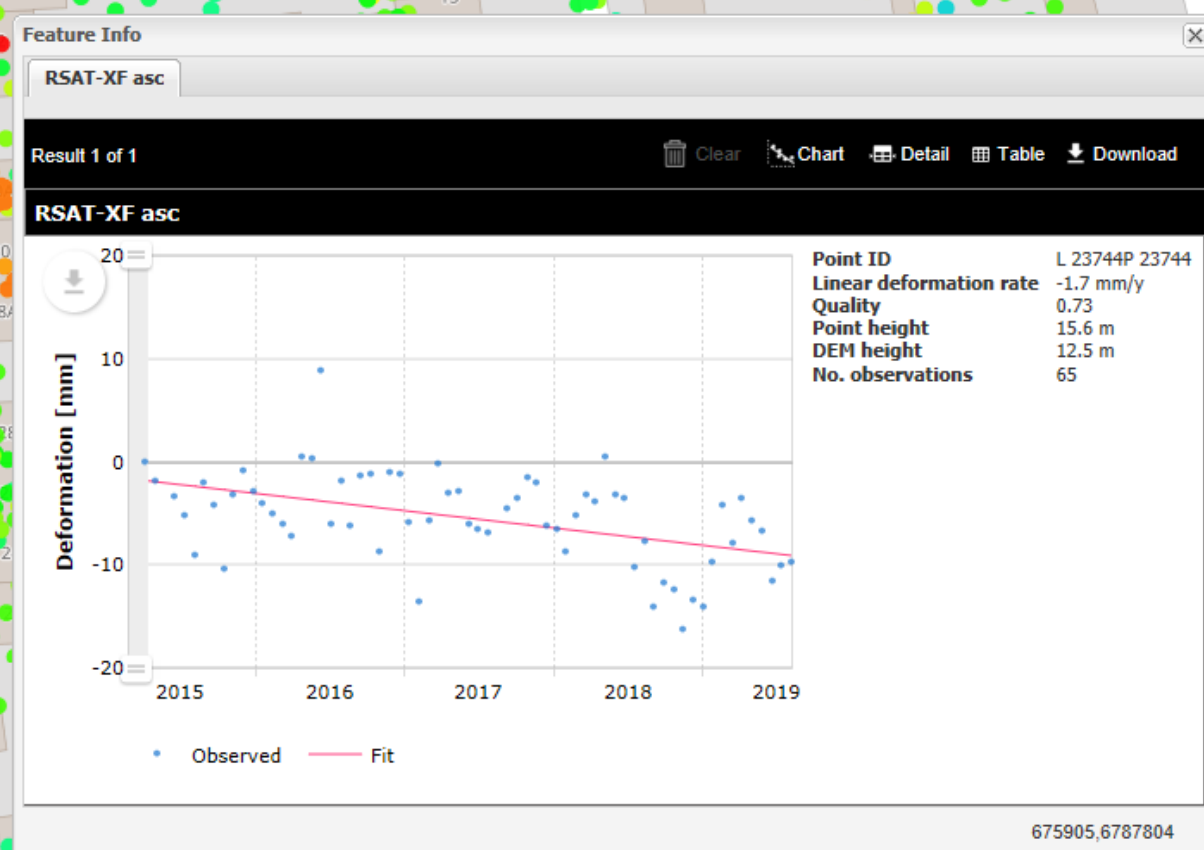
675904,6787791



Deformation in mm/y

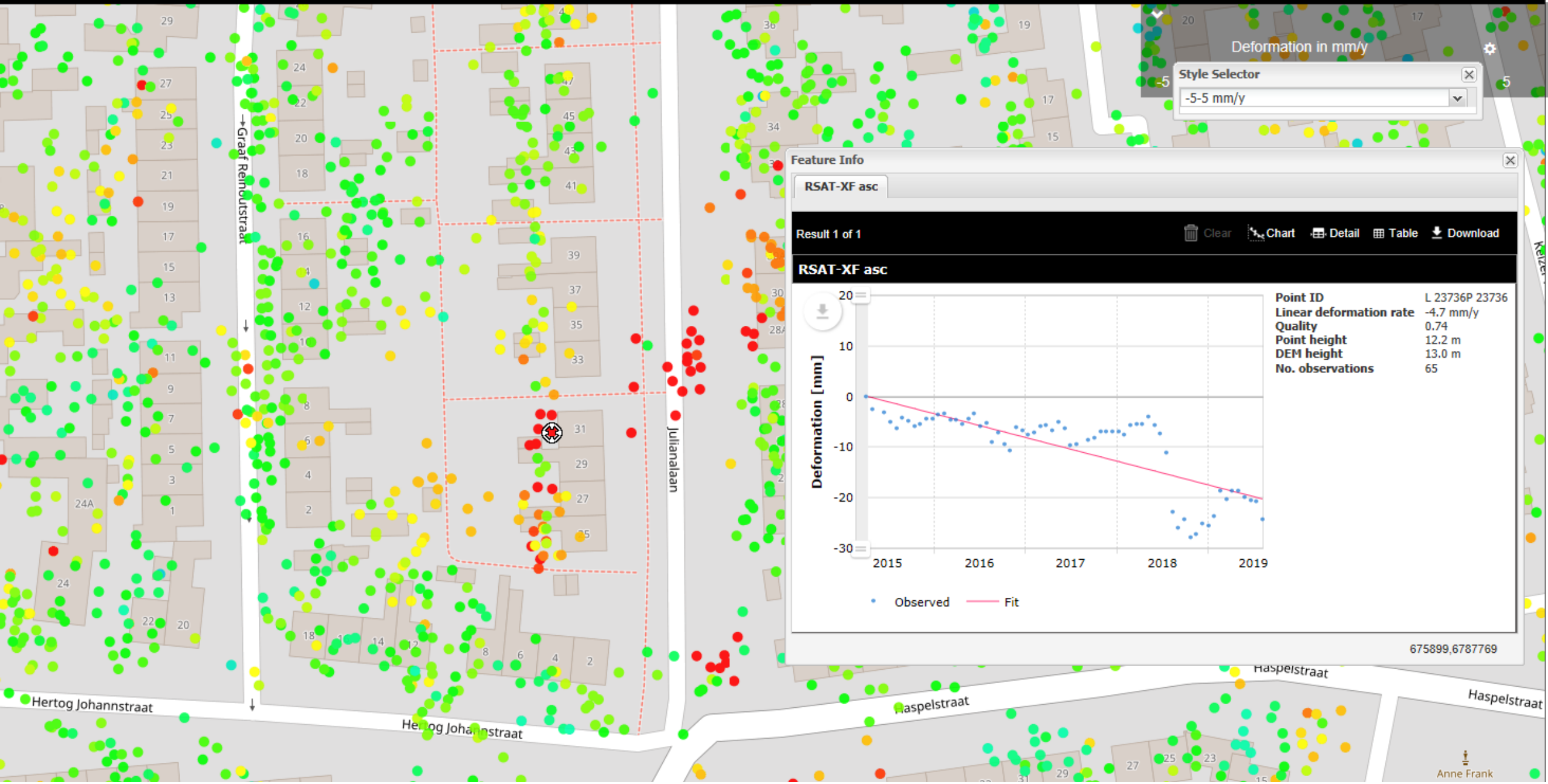
Style Selector

-5-5 mm/y



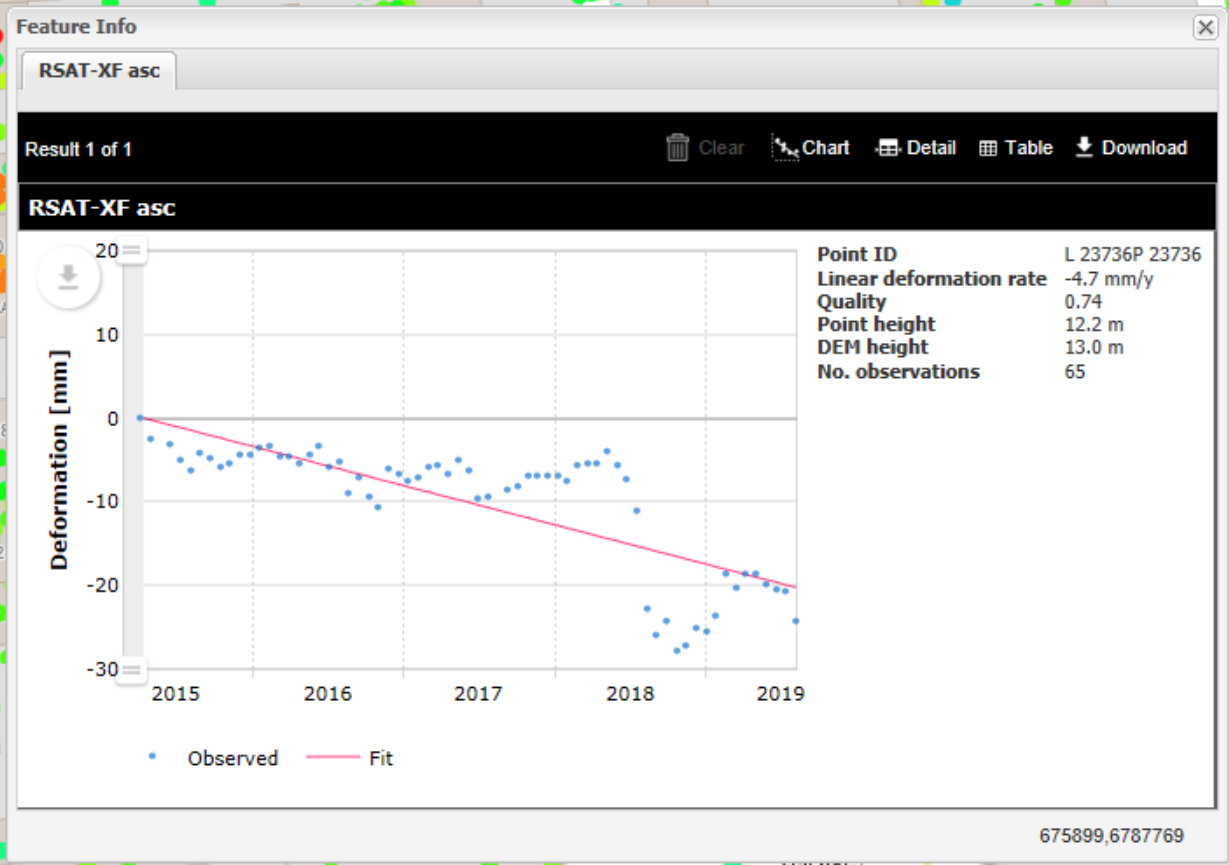
675905,6787804

Maaiveld/tuin?



Style Selector

-5-5 mm/y





Deformation in mm/y

Style Selector

-5-5 mm/y

Feature Info

RSAT-XF asc

Result 1 of 1

Clear Chart Detail Table Download

RSAT-XF asc

Deformation [mm]

20 10 0 -10 -20 -30

2015 2016 2017 2018 2019

Observed Fit

Point ID L 23737P 23737

Linear deformation rate -4.4 mm/y

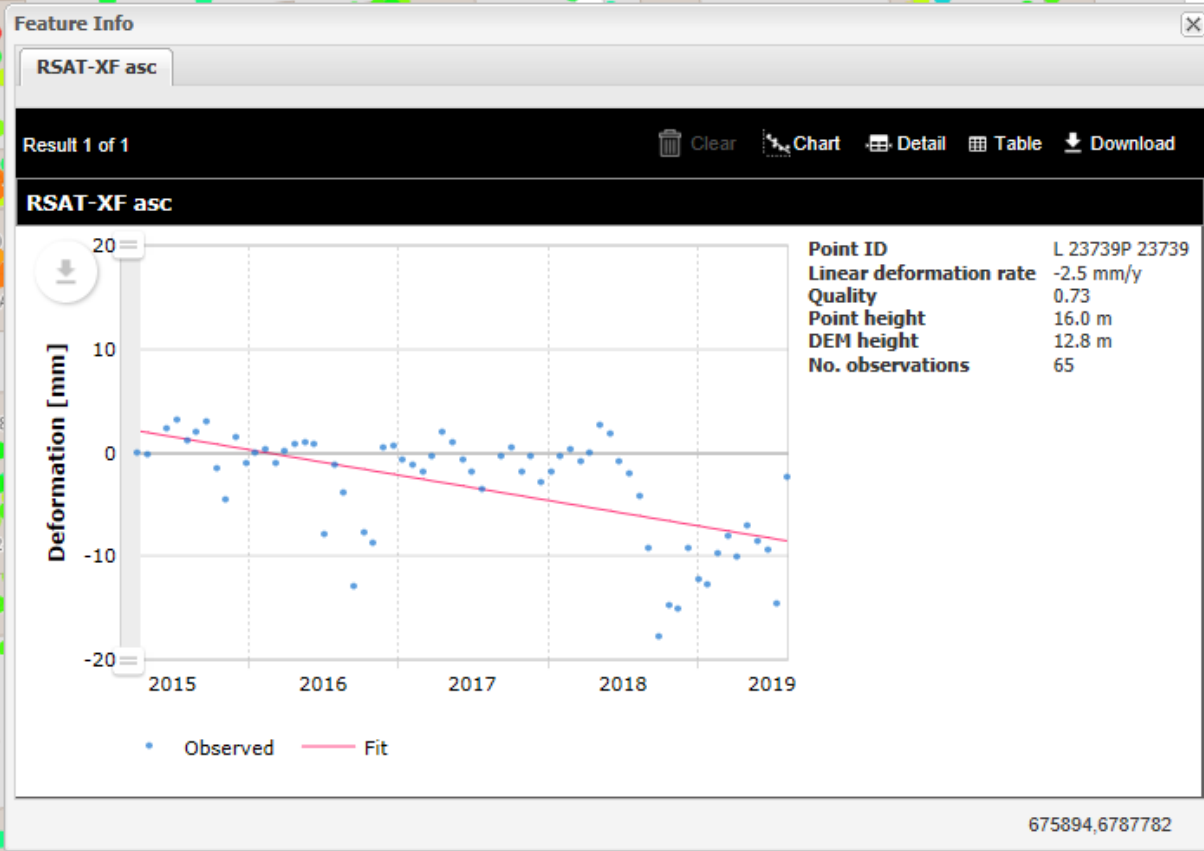
Quality 0.74

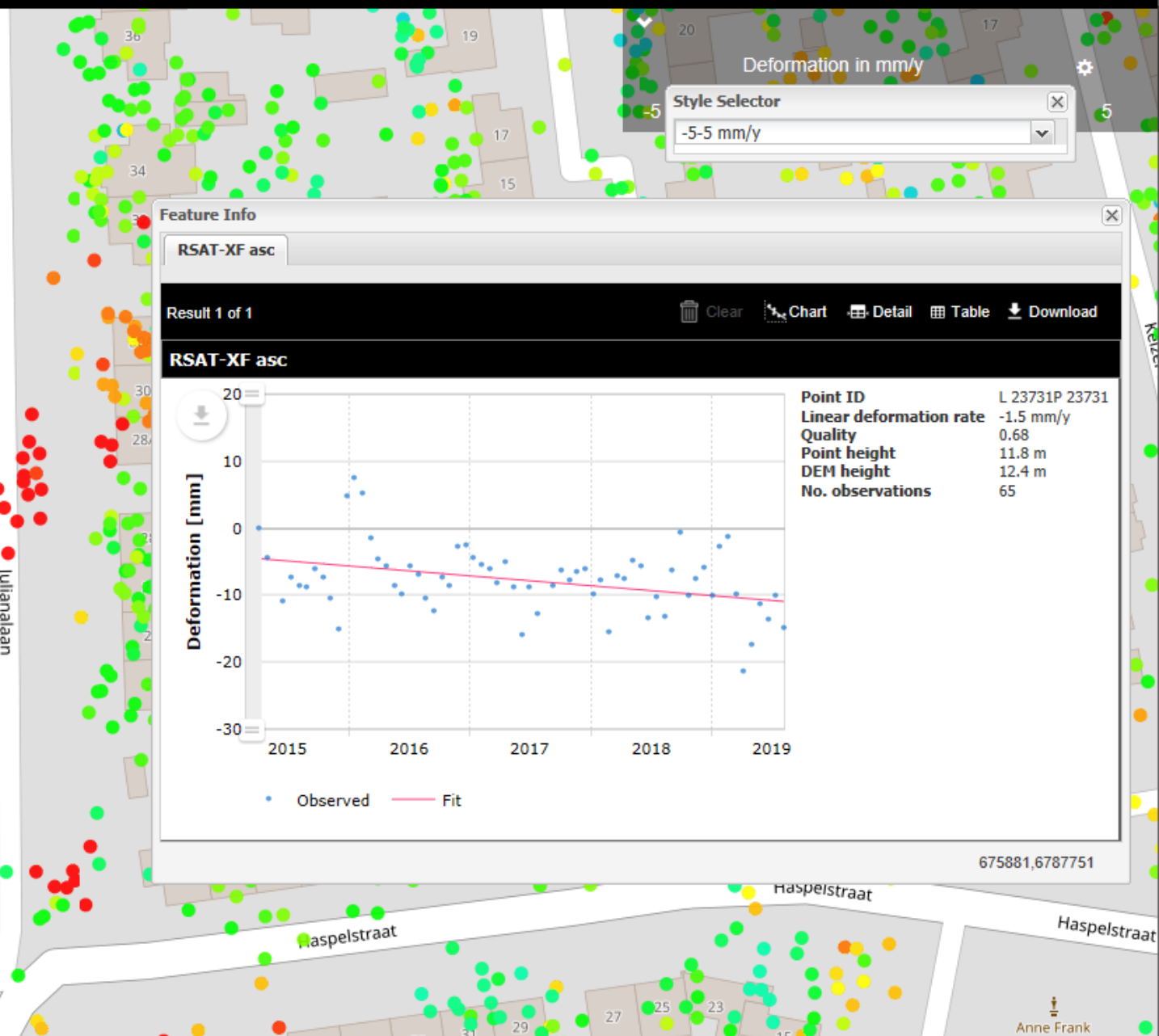
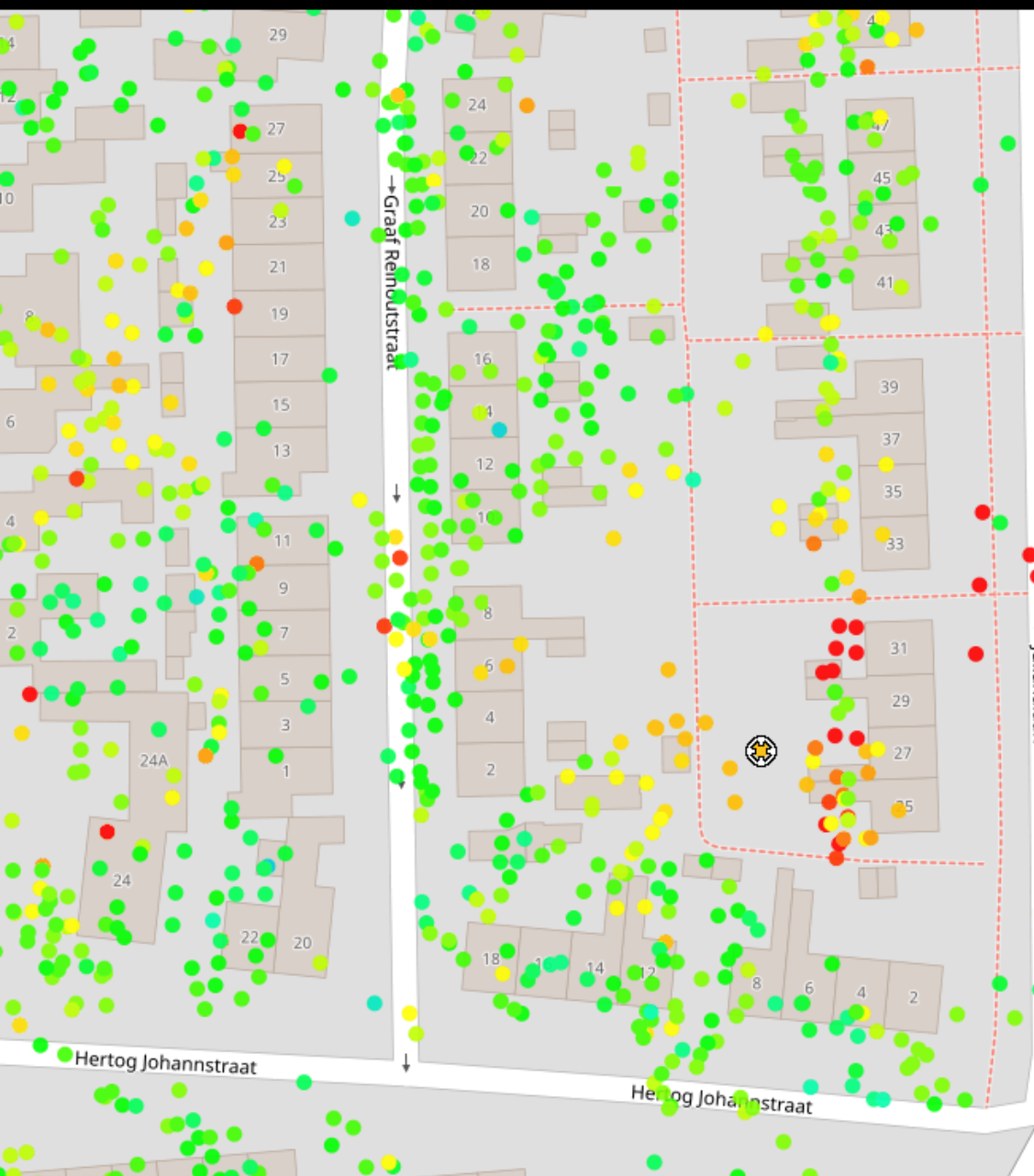
Point height 15.9 m

DEM height 12.8 m

No. observations 65

675897,6787774





Deformation in mm/y

Style Selector

-5-5 mm/y

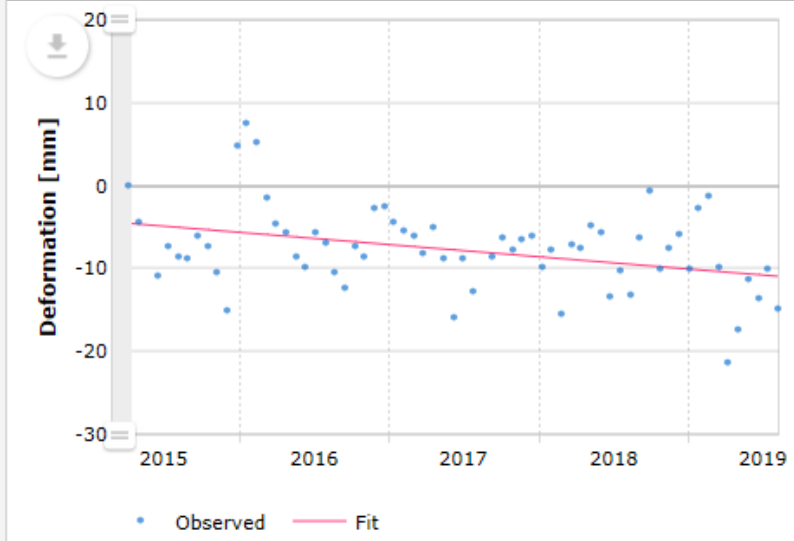
Feature Info

RSAT-XF asc

Result 1 of 1

Clear Chart Detail Table Download

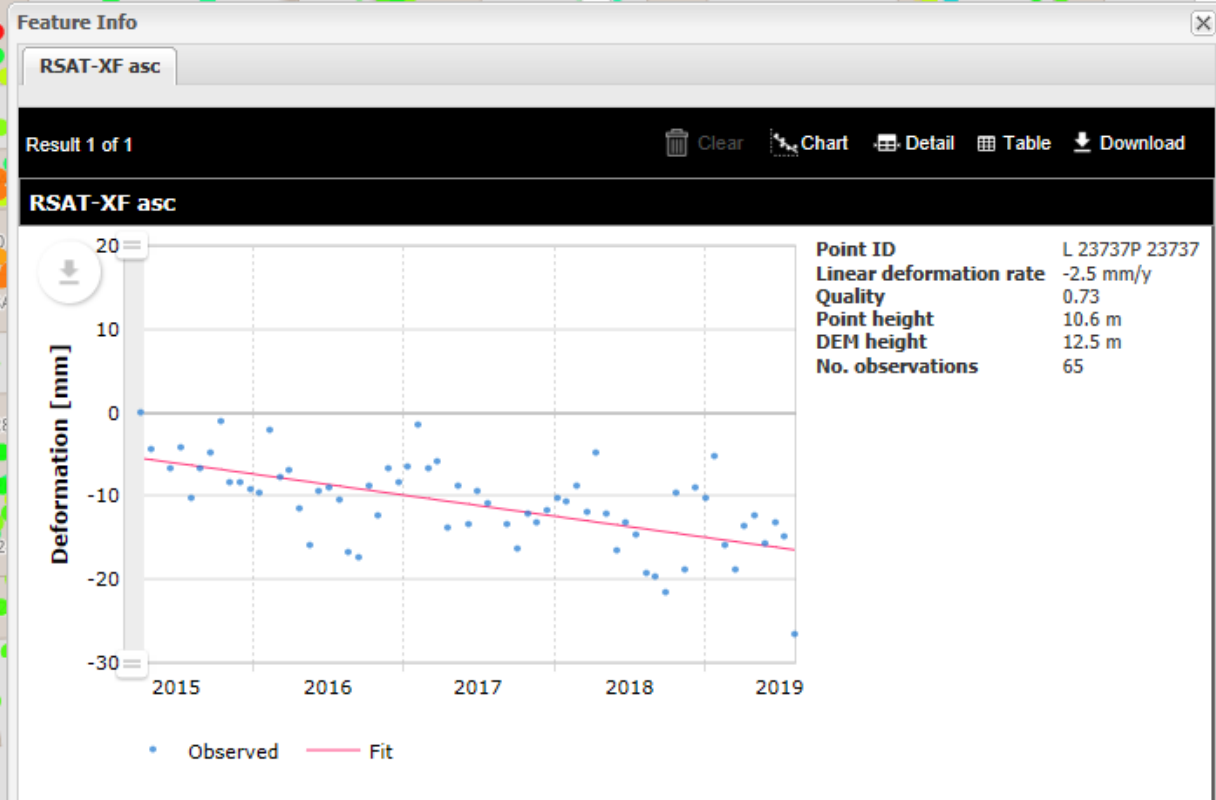
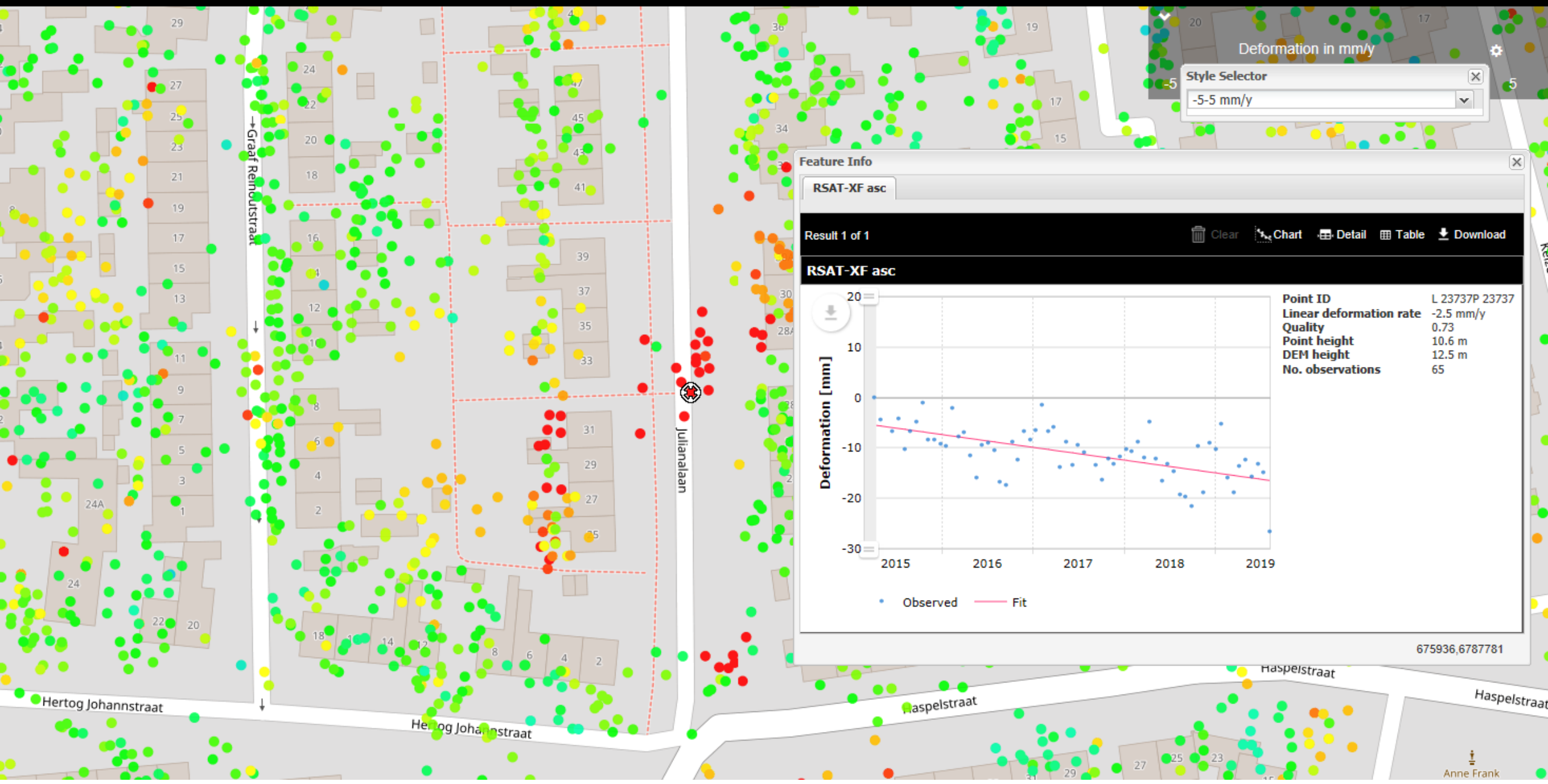
RSAT-XF asc



Point ID	L 23731P 23731
Linear deformation rate	-1.5 mm/y
Quality	0.68
Point height	11.8 m
DEM height	12.4 m
No. observations	65

675881,6787751

Straatkant met veel bomen



675936,6787781



Deformation in mm/y

Style Selector

-5-5 mm/y

