



**WAGENINGEN**  
UNIVERSITY & RESEARCH

# Detectie en monitoring van natuurbranden met behulp van satellietbeelden

Verkenning van mogelijke benaderingen

DATE  
December 09, 2016

AUTHOR  
Gerbert J. Roerink  
Eric J.M.M. Arets

VERSION  
20161209





## **Inhoud**

<b>Voorwoord</b>	<b>5</b>
<b>1    <b>Introductie</b></b>	<b>7</b>
<b>2    <b>Methode</b></b>	<b>9</b>
2.1   Beschikbare satellietbeelden	9
2.1.1   Nationaal Satelliet Dataportaal	9
2.1.2   Sentinel & Landsat	10
2.1.3   Groenmonitor.nl	10
2.2   Spectrale reflectie en NDVI	11
2.3   Pilot gebieden	12
<b>3    <b>Natuurbranden detectie en kwantificering</b></b>	<b>13</b>
3.1   Detectie met de Groenmonitor	13
3.2   Hoge resolutie beelden	15
3.3   Bosbranden detectie	17
3.4   Bepaling van de oppervlakte	17
3.5   Bepaling van het vegetatietype	18
3.6   Herstel na de natuurbrand	19
3.7   Monitoring verloop natuurbrand	20
3.8   Vergelijking met EFFIS resultaten	23
3.9   Opzet systeem om natuurbranden te monitoren	24
<b>4    <b>Conclusies</b></b>	<b>25</b>
<b>Referenties</b>	<b>27</b>
<b>Annex 1 – EFFIS jaarlijkse oppervlakte bosbranden</b>	<b>29</b>
<b>Annex 2 - LGN7 legend</b>	<b>31</b>
<b>Annex 3 - Informatiebulletin per natuurbrand</b>	<b>33</b>



## Voorwoord

Deze notitie beschrijft de uitkomsten van een ruimtelijke analyse van mogelijkheden om bos- en natuurbranden met satellietbeelden te kwantificeren en te monitoren. Emissies van broeikasgassen uit bos- en natuurbranden moeten gerapporteerd worden in de nationale inventarisaties van broeikasgasemissies voor de VN klimaatconventie (UNFCCC) en ten behoeve van de boekhouding voor het Kyoto Protocol (KP). Doordat bos- en natuurbranden in Nederland relatief zeldzaam en kleinschalig zijn worden deze momenteel niet structureel gemonitord. In plaats daarvan worden de arealen van jaarlijkse bosbranden berekend als een gemiddelde areaal op basis van een historische reeks voor de periode 1980-1992. Het doel van de hier beschreven methode is om de rapportage van broeikasgasemissies uit bos- en natuurbranden te verbeteren. Dit onderzoek is uitgevoerd in opdracht van het RIVM ten behoeve van de Emissieregistratie.



## 1 Introductie

Emissies van broeikasgassen uit bos- en natuurbranden is een van de emissiebronnen die moet worden gerapporteerd in de nationale inventarisaties van broeikasgasemissies voor de VN klimaatconventie (UNFCCC) en ten behoeve van het Kyoto Protocol (KP) (Arets et al. 2016; IPCC 2006, 2014). Doordat bos- en natuurbranden in Nederland relatief zeldzaam en kleinschalig zijn worden deze momenteel niet structureel gemonitord. Voor de UNFCCC en KP rapportages worden daarom momenteel de arealen van jaarlijkse bosbranden berekend als een gemiddelde areaal op basis van een historische reeks voor de periode 1980-1992 zoals gerapporteerd in Wijdeven et al. (2006), waarbij onderscheidt wordt gemaakt tussen areaal bosbrand en areaal overige natuurbranden. Het gemiddelde oppervlakte bosbrand dat op deze basis wordt gerapporteerd is 37.8 ha en het oppervlakte overige natuurbrand is 210 ha.

Om jaarlijks betere en specifiekere schattingen voor emissies van bosbranden te kunnen geven is informatie nodig over de arealen van bosbranden en voor een schatting van de emissies per hectare is ook nog informatie nodig over het type vegetatie dat verbrandt. De beschikbare biomassa in bossen is hoger dan bijvoorbeeld in grasland of heide.

Op Europese schaal worden in het kader van het 'European Forest Fire Information System' (EFFIS) natuurbranden gemonitord met behulp van MODIS satellietbeelden<sup>1</sup>. De resolutie hiervan is echter relatief hoog waardoor alleen branden met een minimum oppervlakte van 50-30 ha worden waargenomen. Dat betekent dat daarmee, voor Nederlandse begrippen, alleen de grotere bosbranden worden waargenomen. De in jaarlijkse EFFIS rapporten gegeven natuurbranden worden gegeven in Annex 1

Het doel van de hier beschreven methode is om de rapportage van broeikasgasemissies uit bosbranden te verbeteren.

Met de komst van het Nationaal Satelliet Dataportaal en de nieuwe Sentinel satellieten is de beschikbaarheid van satellietbeelden enorm toegenomen. Zowel de temporele resolutie (meerdere beelden per week) als de ruimtelijke resolutie (tot 5x5 m) zijn dusdanig toegenomen dat near-real time operationele toepassingen inmiddels tot de mogelijkheden behoren. De afgelopen jaren heeft Wageningen Environmental Research (Alterra) in dit kader bijvoorbeeld satellietbeelden ingezet voor het karteren en kwantificeren van muizen- en ganzenschade, het monitoren van zandlichamen in open water en het monitoren van de gewasgroei en -opbrengst.

In dit rapport worden de mogelijkheden onderzocht om satellietbeelden in te zetten voor de detectie en monitoring van natuurbranden– in de Nederlandse situatie waarin branden zeldzaam zijn en verbrande oppervlaktes relatief klein zijn. Allereerst is gekeken op welke wijze het best een natuurbrand is te karteren om vervolgens het verbrande areaal te kwantificeren alsmede welke vegetatietypes daarmee aangetast zijn. Daarnaast is er onderzocht in hoeverre deze natuurbrandenkartering te automatiseren is en is er een eerste opzet gegeven van een natuurbrandenmonitorsysteem voor Nederland.

---

<sup>1</sup> <http://forest.jrc.ec.europa.eu/effis/about-effis/>





## 2 Methode

Het onderzoek is als volgt opgezet.

1. Informatie over reeds plaatsgevonden natuurbranden in 2014 en 2015 is verzameld aan de hand van verschillende media bronnen (kranten, nieuwssites, brandweer, CBS).
2. Vervolgens is een inventarisatie gemaakt van bestaande bronnen van satellietbeelden die potentieel geschikt zijn voor detectie van natuurbranden.
3. Met de beschikbare informatie over plaats en tijd van bekende natuurbranden is gekeken naar de satellietbeelden vlak voor en vlak na het plaatsvinden van de natuurbrand. Daarmee zijn het onderscheidend vermogen van de verschillende satellietbeelden en de specifieke spectrale banden en vegetatie indices vergeleken.
4. Met behulp van de meest geschikte methode is voor alle pilotgebieden de exacte vorm en oppervlak van het verbrande areaal bepaald.
5. In combinatie met bestaande landgebruikskaarten (LGN) is vervolgens het precieze verbrande areaal voor de verschillende vegetatietypes bepaald.

Op basis van deze resultaten is vervolgens een monitoringsprotocol opgesteld waarin media screening en satellietwaarneming gecombineerd worden.

### 2.1 Beschikbare satellietbeelden

#### 2.1.1 Nationaal Satelliet Dataportaal

In Maart 2012 is het Nationaal Satelliet Dataportaal (<http://www.spaceoffice.nl/nl/Satellietdataportaal/>) geopend ter voorbereiding op de komst van de vrij toegankelijke Europese Sentinel satellietbeelden in 2015. Dit is een initiatief van het Netherlands Space Office (NSO) in samenwerking met het ministerie van EZ. Het portaal verzorgt de (gratis) toegang tot ruwe satellietdata van Nederland. Hierdoor worden zowel het bedrijfsleven en onderzoeksinstituten (ontwikkeling van applicaties) als de eindgebruiker (betere en goedkopere informatie) geholpen. Nederland kan door deze centrale inkoop van data op een efficiënte wijze aan de benodigde informatie komen (beleid), maar ook het bedrijfsleven en onderzoeksinstituten een voorsprong geven op het buitenland.

De ruwe satellietdata zijn afkomstig van drie satellieten (Tabel 2.1). Spot-satellietbeelden hebben als voordeel een hoge ruimtelijke resolutie (1,5 of 6 meter). Nederland wordt maandelijks eenmalig opgenomen waarbij gebruik wordt gemaakt van de weersvoorspelling om zo veel mogelijk onbewolkte beelden te verkrijgen. Deze beelden zijn te bekijken op [www.satellietbeeld.nl](http://www.satellietbeeld.nl) waar ze ook te downloaden zijn.

DMC-satellietbeelden worden 2x keer per week van geheel Nederland gemaakt met een resolutie van 22 meter en worden met name gebruikt om gewasgroei op perceelniveau te volgen. En Radarsat zal radarbeelden van 25 m resolutie leveren, die nooit last hebben van bewolking.

Tabel 2.1 Satellietbeelden in het Nationaal Satelliet Dataportaal

Satelliet	Data type	Spectrale banden / polarisatie	Ruimtelijke Resolutie	Temporele Resolutie
Spot	Panchromatisch Multi-spectraal	Zwart/wit Blauw, Groen, Rood, NIR	1,5 meter 6 meter	Maandelijks (gerichte opname o.b.v. weersvoorspelling)
DMC	Multi-spectraal	Groen, Rood, NIR	22 meter	2x per week
Radarsat	Radar	HH+HV polarisatie VV+VH polarisatie	25 meter	Elke 24 dagen

### 2.1.2 Sentinel & Landsat

Sinds eind 2015 zijn er ook optische hoge resolutie beelden beschikbaar van de Sentinel-2A satelliet. Met name de optische beelden met 10 m resolutie zijn zeer gedetailleerd en daardoor wat resolutie betreft zeer geschikt voor de relatief kleine natuurbranden in Nederland.

Voor de volledigheid wordt hier ook nog de Landsat-8 satelliet van de NASA genoemd. Net als de Sentinel beelden zijn deze vrij beschikbaar. Groot voordeel van de Landsat satellieten is dat ze inmiddels al voor meer dan 30 jaar een consistente tijdreeks aan satellietbeelden op veldniveau (30 m resolutie) geven. Dit kan een belangrijk aspect zijn als langere historische tijdreeksen nodig zijn.

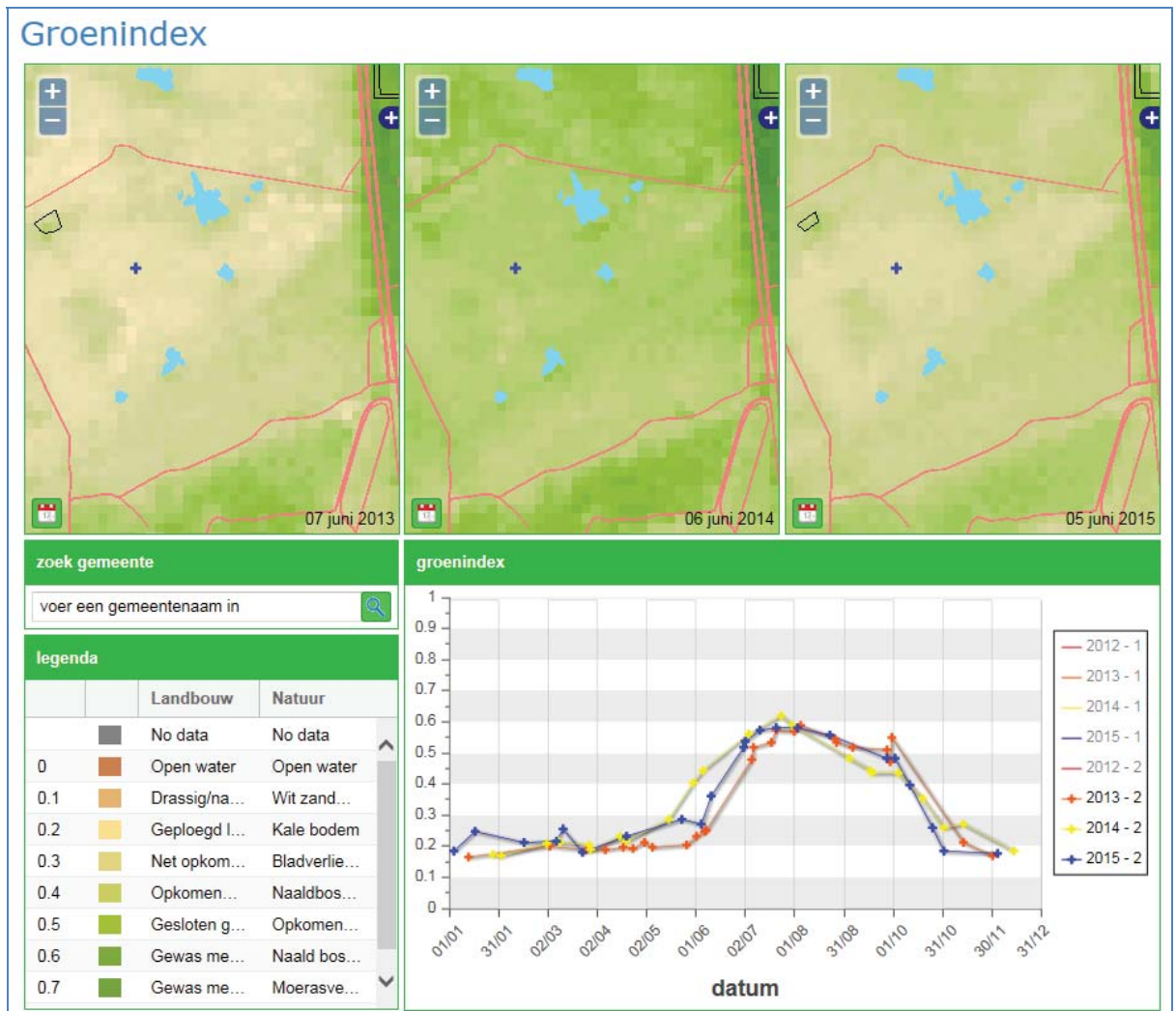
**Tabel 2.2. Open beschikbare satellietbeelden**

Satelliet	Data type	Spectrale banden / polarisatie	Ruimtelijke Resolutie	Temporele Resolutie
Sentinel-2A	Multi-spectraal	Blauw, Groen, Rood, NIR Red Edge, NIR, SWIR, MIR Deep blue, Water vapour, Cirrus	10 meter 20 meter 60 meter	Elke 10 dagen
Landsat-8	Panchromatisch Multi-spectraal	Zwart/wit Deep blue, Blauw, Groen, Rood, NIR, SWIR, MIR, Cirrus	15 meter 30 meter	Elke 16 dagen
	Thermisch	TIR	100 meter	

### 2.1.3 Groenmonitor.nl

De groenmonitor ([www.groenmonitor.nl](http://www.groenmonitor.nl)) is een webapplicatie die via webmapping services (WMS) groenindex beelden laat zien voor heel Nederland. Voor de Groenmonitor worden de DMC beelden, aangevuld met Sentinel en Landsat beelden voorbereid en omgevormd tot biomassa-kaarten (NDVI - Normalized Difference Vegetation Index) (Roerink and Múcher 2013). Figuur 2.1 toont de 3 aparte viewers waarmee beelden van 3 verschillende dagen kunnen worden getoond en vergeleken. Voor het gebruikersgemak kunnen er topografische lagen overheen geprojecteerd worden (stedelijk gebied, wegen, water, percelen met gewasnaam).

Daarnaast kan door de tijd heen worden gekeken middels de temporele grafiek. De verschillende jaren kunnen aan- en uitgezet worden door er op te klikken. Zo kan bijvoorbeeld de bladontplooiing van loofbos worden gevolgd over meerdere jaren. Of het verdorren van de heide bij droogte kan worden gedetecteerd.



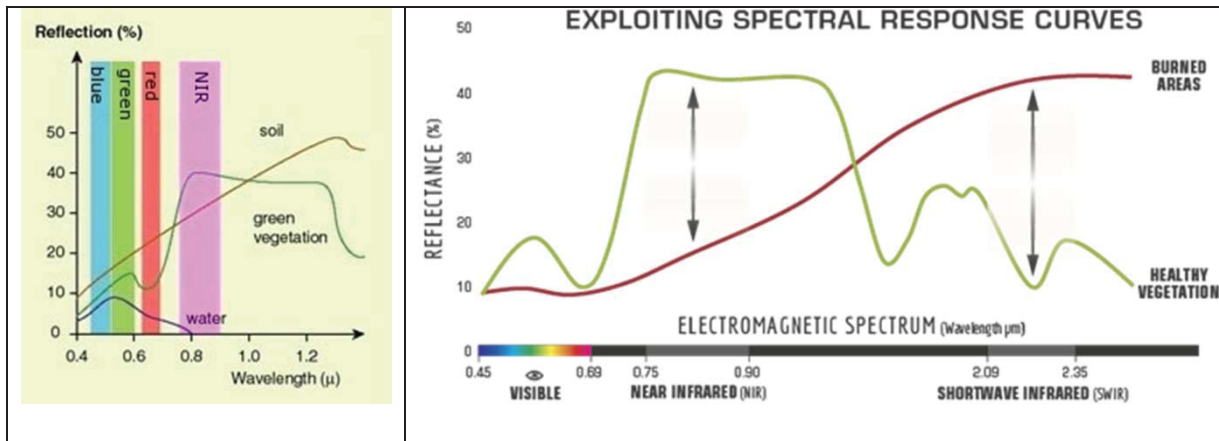
**Figuur 2.1** Screenshot van de Groenmonitor.nl met daarin het NDVI groenindex verloop van heide op de Veluwe. Duidelijk te zien is dat de heide in 2014 veel sneller groen werd dan in 2013; 2015 zit daar tussenin. Ook zijn er duidelijk verschillen bij de herfstverkleuring.

Figuur 2.1 geeft de NDVI groenindex beelden weer van een stuk heide op de Veluwe van begin juni in opeenvolgende jaren 2013, 2014 en 2015. In de grafiek eronder is voor de plek van het kruisje het NDVI groenindex verloop over deze jaren geplott. Heel duidelijk te zien is dat in 2014 (de gele lijn) de heide het snelst groen wordt, terwijl in 2013 (rode lijn) dit een stuk later gebeurde. Deze kwantitatieve informatie geeft de mogelijkheid om ook iets over de status van het gewas te zeggen, zoals wanneer de bladontplooiing plaats vindt, of er bladsterfte plaatsvindt als gevolg van droogte of dat er een verhoogd risico op natuurbranden is.

## 2.2 Spectrale reflectie en NDVI

Planten, of beter gezegd groene biomassa, absorberen grotendeels het rode zonlicht middels de fotosynthese en reflecteren het merendeel van het nabij-Infrarode (NIR) licht. Bij kale bodems (rotsen, zand, geploegd land) is dit verschil veel kleiner. Dit principe wordt gebruikt om vegetatie indicatoren te berekenen. De meest bekende is de Normalised Difference Vegetation Index (NDVI). De NDVI groenindex is een ratio tussen de reflecties van het rode en het NIR licht:

$$NDVI = (NIR - Rood) / (NIR + Rood)$$



**Figuur 2.2** Reflectie-eigenschappen van kale bodem, vegetatie en water (links) en verbrande gebieden (rechts)

Het effect van een natuurbrand op de bodemvegetatie/bedekking is dat alle reflecties omlaag gaan (zie Figuur 2.2, rechts). Dit herkennen we ook in het veld als zwart geblakerd terrein. De vraag is echter wel wat het effect van deze reflectiedalingen op de NDVI zal zijn, en of de NDVI geschikt is als natuurbranden indicator. Deze vragen zullen aan bod komen in dit onderzoek.

### 2.3 Pilot gebieden

Op basis van berichten in diverse nieuwsmedia zijn alle belangrijke natuurbranden in 2014 en 2015 (Tabel 2.3). Voor het jaar 2016 is de natuurbrand in Hoog-Soeren op de Veluwe toegevoegd (Tabel 2.3). Deze branden zijn vervolgens gebruikt als pilot gebieden in deze studie.

Wat opvalt is dat alle natuurbranden in het voorjaar plaatsvinden. De sapstromen van de heideplant zijn dan nog niet op gang gekomen en de heide is dan nog geheel dor en droog. Als er zich dan een periode met droog weer voordoet is het risico op natuurbranden erg groot.

**Tabel 2.3.** Bestaande natuurbranden die als pilot dienen in deze studie. De locatie en geschatte oppervlakten zijn gebaseerd op nieuwsberichten in media.

Datum	Locatie	Oppervlakte (ha) Brandweerschatting
10-mrt-14	Nationaal Park De Loonse en Drunense Duinen	30
17-apr-14	Mastbos bij Breda	10
20-apr-14	Nationaal Park De Hoge Veluwe	350
18-mei-14	Heide aan de Rijt	1.5
18-mei-14	Duinen bij Wijk aan Zee	niet gegeven
13-mrt-15	Fochteloërveen bij Veenhuizen	50-100
02-mei-15	Alphen-Chaam, nabij Fransebaan	0.3
17-mei-15	Natuurgebied Chaamse bossen	60
06-mei-16	Hoog-Soeren, Veluwe	10

### 3 Natuurbranden detectie en kwantificering

Van de 9 pilot gebieden zijn satellietbeelden van voor en na de natuurbrand verzameld en geanalyseerd. Als eerste is gekeken of en in welke mate de bestaande natuurbranden te onderscheiden zijn met behulp van Groenmonitor beelden. Dit zijn biomassa (NDVI groenindex) kaarten met een resolutie van 25 m.

Daarnaast is deze analyse ook uitgevoerd op basis van satellietbeelden met een hogere resolutie van 5 m. Dit zijn beelden afkomstig van met name de Spot satelliet en voor 2016 ook de Sentinel satelliet. Naast de biomassa kaarten is er ook gekeken naar het onderscheidend vermogen van de afzonderlijke spectrale banden (blauw, groen en rood licht en Nabij-Infra Rode (NIR) straling).

Aan de hand van een voorbeeld, namelijk het natuurgebied De Chaamse bossen nabij Breda (Figuur 3.1), wordt de procedure uitgelegd en zal blijken wat de optimale instellingen zijn voor detectie van natuurbranden met behulp van satellietbeelden. Daarnaast wordt uitgelegd hoe het verbrande oppervlak en omtrek worden bepaald en hoe het landgebruik kan worden vastgesteld van het verbrande areaal.



**Figuur 3.1. Natuurbrand in het Chaamse bos op 17 mei 2015<sup>1</sup>**

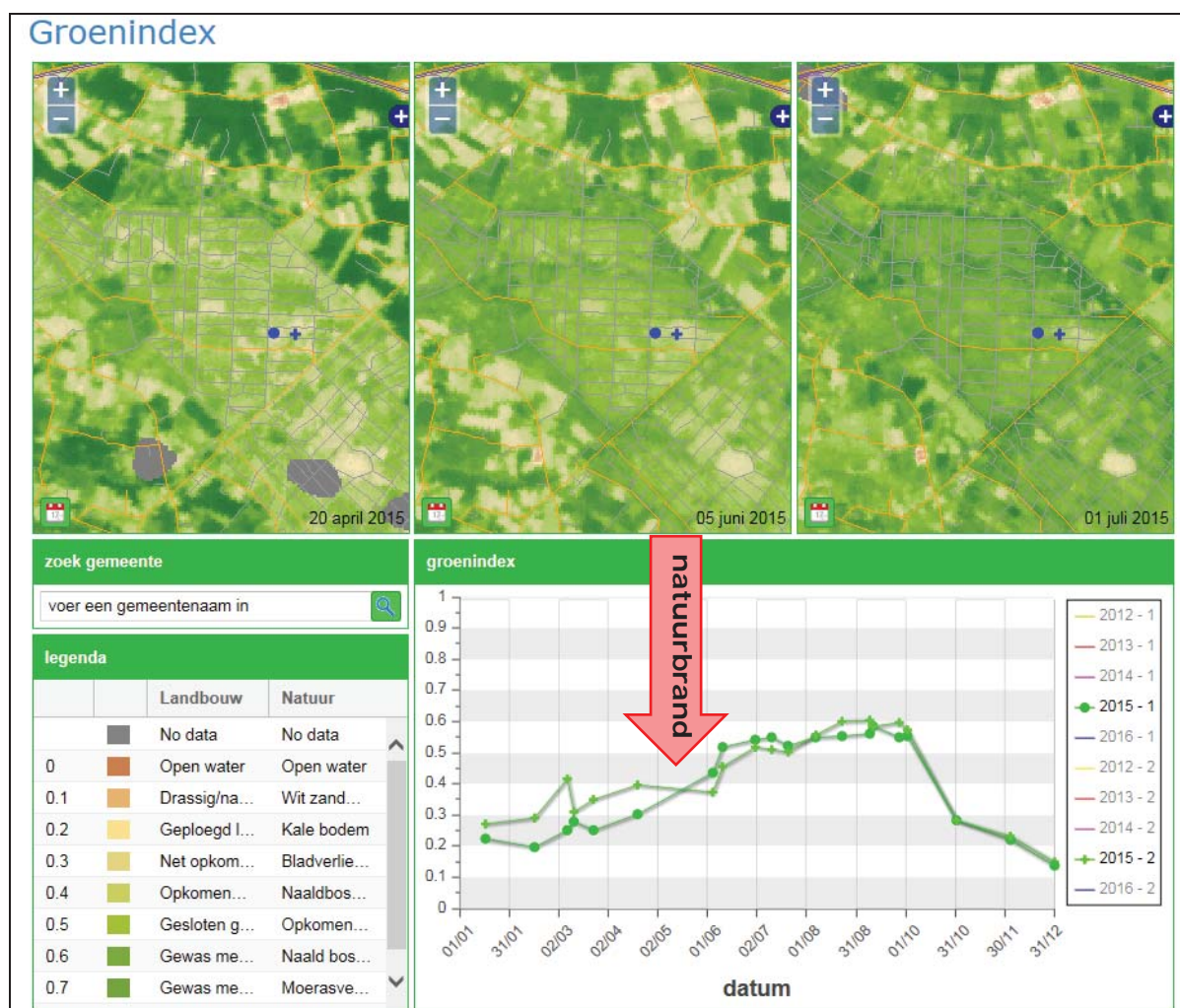
#### 3.1 Detectie met de Groenmonitor

Allereerst is gekeken of natuurbranden eenvoudig te karteren zijn met de Groenmonitor.nl. Figuur 3.2 toont een screenshot van de Groenmonitor.nl waarbij is ingezoomd op het Chaamse bos. Drie Groenindex beelden zijn zichtbaar waarbij de eerste van 20 april 2015 is, een maand voor de natuurbrand in het Chaamse bos op 17 mei 2015. De twee andere beelden zijn van 5 juni en 1 juli,

<sup>1</sup> <http://www.bndestem.nl/foto-s/schade-bosbrand-in-chaam-1.4933936>

respectievelijk 3 weken en 7 weken na de brand. De grafiek eronder geeft het tijdsprofiel van het NDVI groenindex weer, waarbij het kruisje is het tijdsprofiel van een pixel in het verbrande areaal weergeeft en het bolletje het tijdsprofiel in het niet verbrande gelijksoortige areaal er net naast gelegen weergeeft. Het kruisje en het bolletje zijn ook weergegeven in de drie groenindex beelden erboven.

Op het eerste gezicht is op de beelden geen spoor van de natuurbrand te zien. Een duidelijk gebied dat verbrand is, is niet te herkennen. Ook in het tijdsprofiel van de NDVI groenindex is slechts met moeite een signaal te herkennen dat op natuurbrand duidt: de curve met het kruisje (gelegen in het verbrande areaal) stijgt niet tussen april en juni, terwijl de curve met het bolletje (gelegen net buiten het verbrande areaal) wel stijgt. Een scherpe daling in het NDVI groenindex signaal tgv de natuurbrand is dus niet te zien. Dit kan verklaart worden door het feit dat de verbrande vegetatie grotendeels heide omhelst. In de winter en een deel van het voorjaar zijn de sapstromen nog niet op gang gekomen in de heide plant, waardoor er nog geen groene bladmassa zich heeft kunnen ontwikkelen. Als gevolg hiervan is het NDVI groenindex signaal ook nog laag en zal er ook geen scherpe daling kunnen optreden na een natuurbrand.



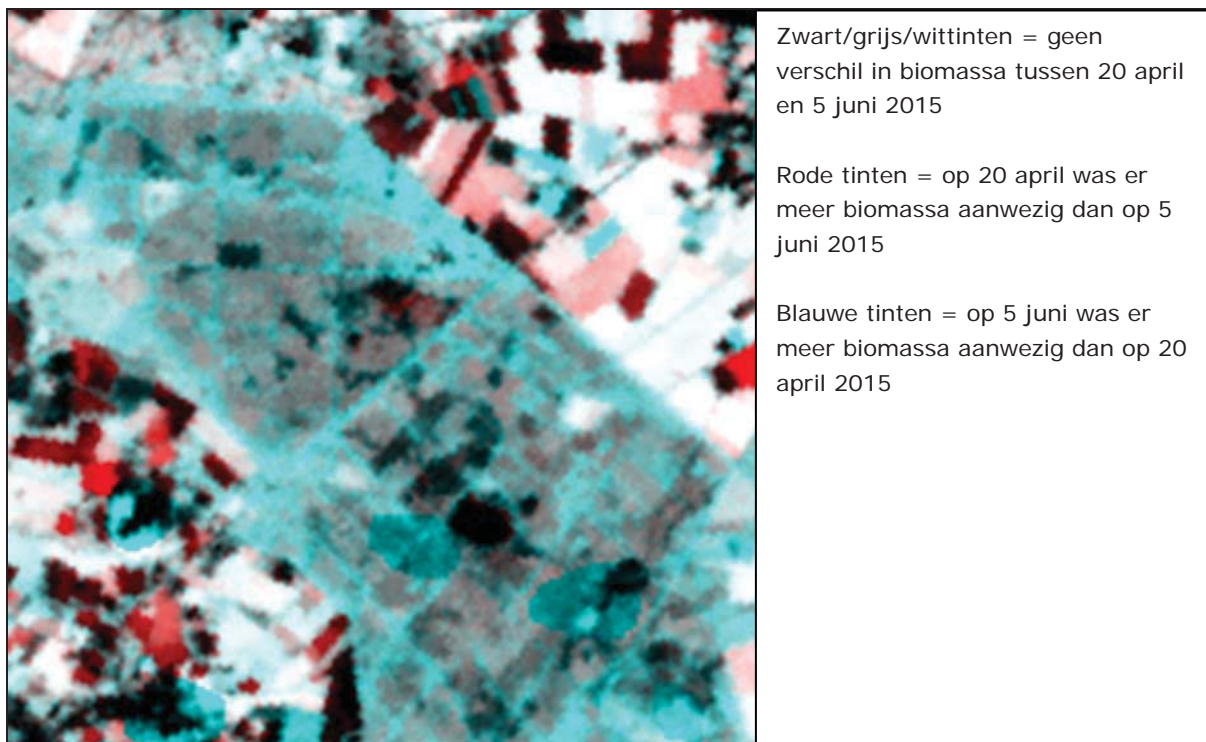
**Figuur 3.2.** Screenshot van de Groenmonitor.nl waarbij ingezoomd is op het Chaamse bos. De drie beelden laten de NDVI groenindex zien op 20 april (vóór de natuurbrand van 17 mei), 5 juni en 1 juni 2015 (beide na de brand).

Het NDVI groenindex verschilbeeld in Figuur 3.3 bevestigt deze constatering. Een NDVI verschilbeeld is opgebouwd uit twee NDVI beelden van twee verschillende dagen die over elkaar heen zijn gelegd in verschillende kleuren. In dit geval is in roodtinten het NDVI beeld van 20 april (voor de natuurbrand) weergegeven en in blauwtinten het beeld van 5 juni (na de natuurbrand). Als nu de groene biomassa op beide dagen ongeveer gelijk is zal het verschilbeeld oplichten in zwart/grijs/wit tinten, waarbij zwart

staat voor geen groene biomassa (water, kale bodem, bebouwd), wit voor meerdere bladlagen (gras) en grijs de situatie er tussen in. Echter als 20 april een hogere biomassa heeft dan 5 juni zal het verschilbeeld rood oplichten, bijv. grasland dat gemaaid is tussen 20 april en 5 juni. En als het beeld blauw oplicht is er meer biomassa aanwezig op 5 juni dan op 20 april, bijv. als de loofbomen weer bladeren krijgen of als het gewas opkomt.

In het verschilbeeld is slechts met moeite de locatie van de natuurbrand te herkennen (zie voor de exacte locatie Figuur 3.7, verderop in dit rapport). Ook dit bevestigt weer dat vooral de dorre niet groene heide vlam heeft gevat en de groene planten (bomen, kruidlaag, grassen) niet. Dit wordt ook bevestigd door de luchtfoto in Figuur 3.1 waar duidelijk te zien is dat alleen de onderlaag verbrand is en de boomkruinen niet.

We kunnen stellen dat de NDVI groenindex beelden uit de Groenmonitor.nl niet heel erg geschikt zijn om natuurbranden te detecteren en het dus niet mogelijk zal zijn om het proces van natuurbranden detectie te automatiseren en een (semi-) automatisch monitoring systeem op te zetten met de Groenmonitor, terwijl de Groenmonitor zich daar technisch gezien, door de hoge temporele resolutie (minimaal twee opnames van geheel Nederland per week) en het feit dat de NDVI groenindex waarden consistent zijn in ruimtelijk en temporele zin, wel goed voor zou lenen. Automatische detectie en monitoren is niet goed mogelijk op basis van de maandelijks Spot beelden van de verschillende spectrale banden door de niet-consistente DN waarden.



**Figuur 3.3. Detectie van natuurbranden op basis van het NDVI verschilbeeld, waarbij NDVI Groenindex beelden van voor (20 april) en na (5 juni) de brand van 17 mei 2015 over elkaar heen zijn geprojecteerd.**

### 3.2 Hoge resolutie beelden

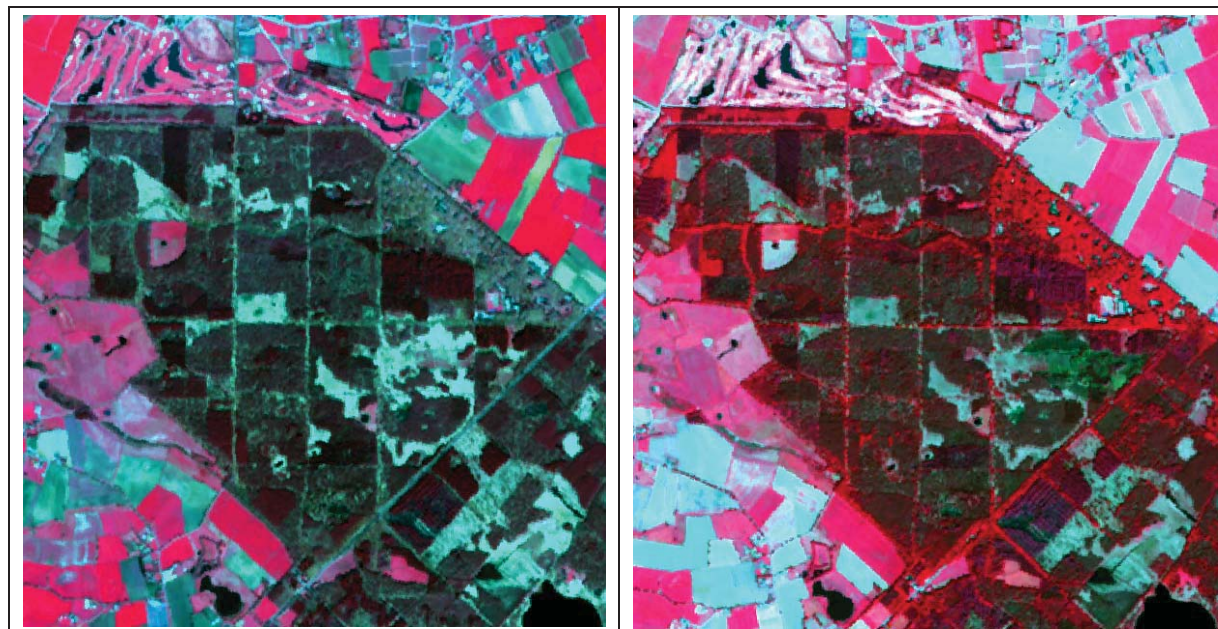
Omdat de groenmonitor beelden niet voldoende onderscheidend blijken te zijn, is verder gekeken naar de mogelijkheden met hoge resolutie beelden. Dit betreft voor het overgrote deel Spot beelden (6 m resolutie) en vanaf eind 2015 sporadisch Sentinel beelden (10 m resolutie) al deze beelden zijn geresampled naar 5 m resolutie. Er is weer gekeken naar satellietbeelden net voor en net na de

natuurbrand in kwestie. Niet alleen wordt gekeken naar de NDVI groenindex, maar ook naar de individuele spectrale banden (blauw, groen, rood, NIR).



**Figuur 3.4.** Satellietbeelden, weergegeven als foto's, van voor (linkerbeeld: 21 april 2015) en na (rechterbeeld: 12 juni 2015) de natuurbrand in het Chaamse bos op 17 mei 2015.

Voor het Chaamse bos is in Figuur 3.4 het satellietbeeld net voor en na de natuurbrand weergegeven in natuurgetrouwe kleuren (als een echte foto). Hierdoor, en door de hogere resolutie, is al beter te zien waar de natuurbrand heeft plaatsgevonden. Namelijk de donkere vlek grenzend ten noorden aan de autoweg die het natuurgebied doorkruist.



**Figuur 3.5.** Satellietbeelden, waarbij de NIR reflectie is weergegeven in de rode kleur, van voor (linkerbeeld: 21 april 2015) en na (rechterbeeld: 12 juni 2015) de natuurbrand in het Chaamse bos op 17 mei 2015.

In Figuur 3.5 is het satellietbeeld als 'false colour image' weergegeven. Dit houdt in dat de groenreflectie in blauw is weergegeven, de rood reflectie in groen en de NIR reflectie in rood. In het kort kun je zeggen

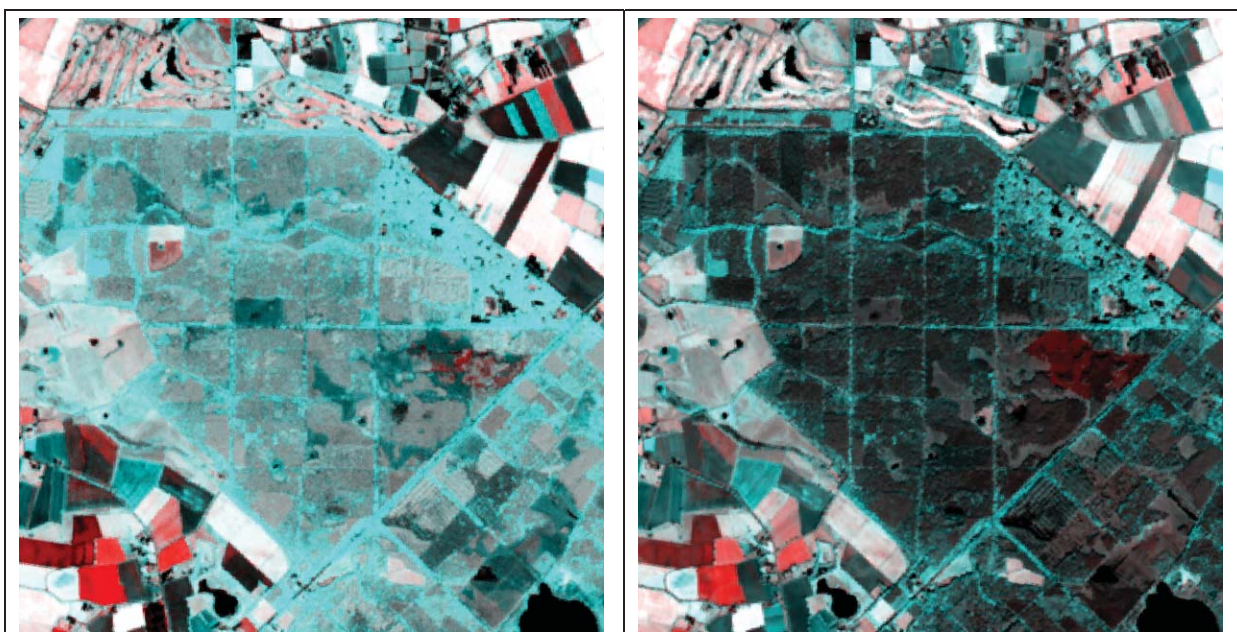


dat rode kleuren overeenkomen met een hoge NIR reflectie, oftewel een hoge groene biomassa hebben. In dit beeld is nog duidelijker het verbrande areaal terug te vinden als donkere groene vlek in het natuurgebied. Hieruit kan worden geconcludeerd dat de NIR reflectie het grootste onderscheidend vermogen heeft voor detectie van natuurbranden. Dit principe is vervolgens toegepast om zo optimaal mogelijk natuurbranden te detecteren.

### 3.3 Bosbranden detectie

In Figuur 3.6 is links weer een NDVI groenindex verschilbeeld weergegeven (voor uitleg zie paragraaf "groenmonitor"). De locatie van de natuurbrand is hierop wel te vinden, maar slechts als enkele rode stippen/vlekjes en niet als duidelijk omlijnd verbrand areaal, zoals je zou verwachten.

Dit is wel het geval als we naar het verschilbeeld van de twee NIR reflectiebeelden van voor en na de brand kijken (het rechterbeeld in Figuur 3.6). Hier is een duidelijk begrensd areaal te zien in rode tinten dat duidelijk oplicht tegen in het natuurgebied. De NIR reflectie geeft dus wel de benodigde informatie om natuurbranden te karteren.



**Figuur 3.6. Detectie van natuurbranden op basis van NDVI verschilbeelden (links) en NIR verschilbeelden (rechts), waarbij satellietbeelden van voor en na de brand over elkaar heen zijn geprojecteerd.**

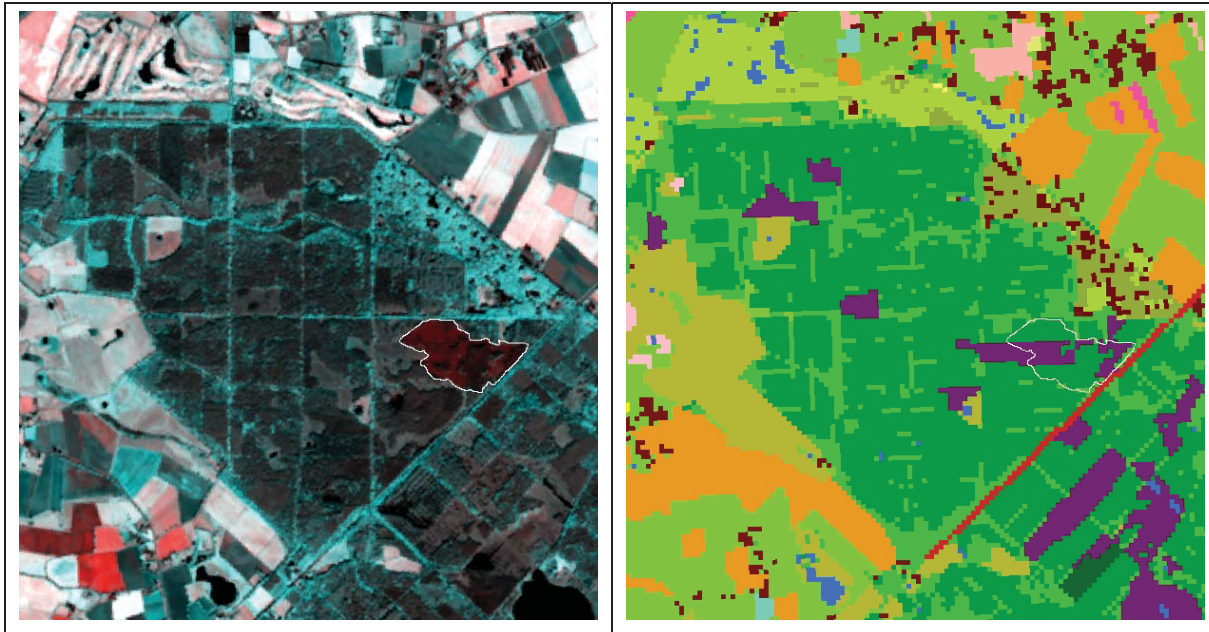
### 3.4 Bepaling van de oppervlakte

Hoewel het NIR signaal geschikt is om bosbranden te karteren, is het met deze methode niet goed mogelijk om dit te automatiseren. Dat komt door de eerder genoemde problemen met consistentie in de hoge resolutie signalen, maar ook doordat het signaal niet eenduidig is. Ook andere oorzaken dan natuurbranden kunnen hetzelfde resultaat geven. In Figuur 3.6bijv. zijn linksonder al rode percelen te ontdekken, dit zijn graslandpercelen die zijn gemaaid tussen de twee opeenvolgende satellietbeelden van het verschilbeeld. Maar ook binnen natuurgebieden zijn er nog vele processen die een NIR reflectie daling tot gevolg hebben, zoals bomenkap en heideplaggen.

Omdat het slechts om maximaal zo'n 10 natuurbranden per jaar blijkt te gaan in Nederland en doordat het proces technisch moeilijk te automatiseren is, en er ook veel andere processen zijn die een daling van de NIR reflectie veroorzaken, lijkt het opsporen van branden aan de hand van nieuwsberichten enerzijds en het karteren op basis van satellietbeelden de meest effectieve methode.

Om de uiteindelijke oppervlakte van de natuurbrand vast te stellen kan vervolgens simpelweg de omtrek van het verbrande areaal worden gedigitaliseerd.

In Figuur 3.7 is de omtrek van de natuurbrand in het Chaamse bos op 17 mei 2015 ingetekend. De berekende oppervlakte is 14,07 ha. Vergeleken met de schatting van de brandweer (60 ha) is dat een fors lagere waarde. Omdat er toen een oostenwind was, is duidelijk dat de natuurbrand vlak langs de weg is ontstaan; hoogstwaarschijnlijk bewust of onbewust aangestoken door de mens.



**Figuur 3.7.** Links de uiteindelijke bepaling van oppervlakte en omtrek van de natuurbrand in het Chaamse bos op basis van NIR satellietbeelden voor en na de brand op 17 mei 2015. Dit gebied is rechts geprojecteerd over de LGN7 landgebruikskaat (legenda in Annex 2).

### 3.5 Bepaling van het vegetatietype

Nu locatie en omvang zijn gekarteerd wordt het ook mogelijk om het type vegetatie en landgebruik vast te stellen met behulp van de Basiskaart Natuur (BKN, Kramer and Clement 2015) of het Landelijk Grondgebruiksbestand Nederland (LGN) (Hazeu et al. 2014). De laatste versie dateert van 2012 (LGN-7) met een resolutie van 25 m. Het LGN7 landgebruik van de Chaamse bossen is gepresenteerd in Figuur 3.7, de legenda hiervan is te vinden in Annex 2. Als we het landgebruik van het verbrande areaal eruit filteren, blijkt dat loofbos 0.58 ha beslaat, naaldbos 8.51 ha en heide 4.95 ha. Er moet echter wel rekening mee worden gehouden dat in de meeste gevallen een natuurbrand slechts de ondergroei van bossen aantast en niet de boomkruinen, zoals ook het geval is voor de natuurbrand in het Chaamse bos (zie ook de luchtfoto van Figuur 3.1).

Deze werkwijze is voor alle 9 pilot natuurbranden gehanteerd. Tabel 3.1 geeft een overzicht van het geschatte verbrande areaal door de brandweer, het vastgestelde areaal op basis van satellietbeelden en het vegetatietype dat verbrand op basis van de LGN landgebruikskarten.

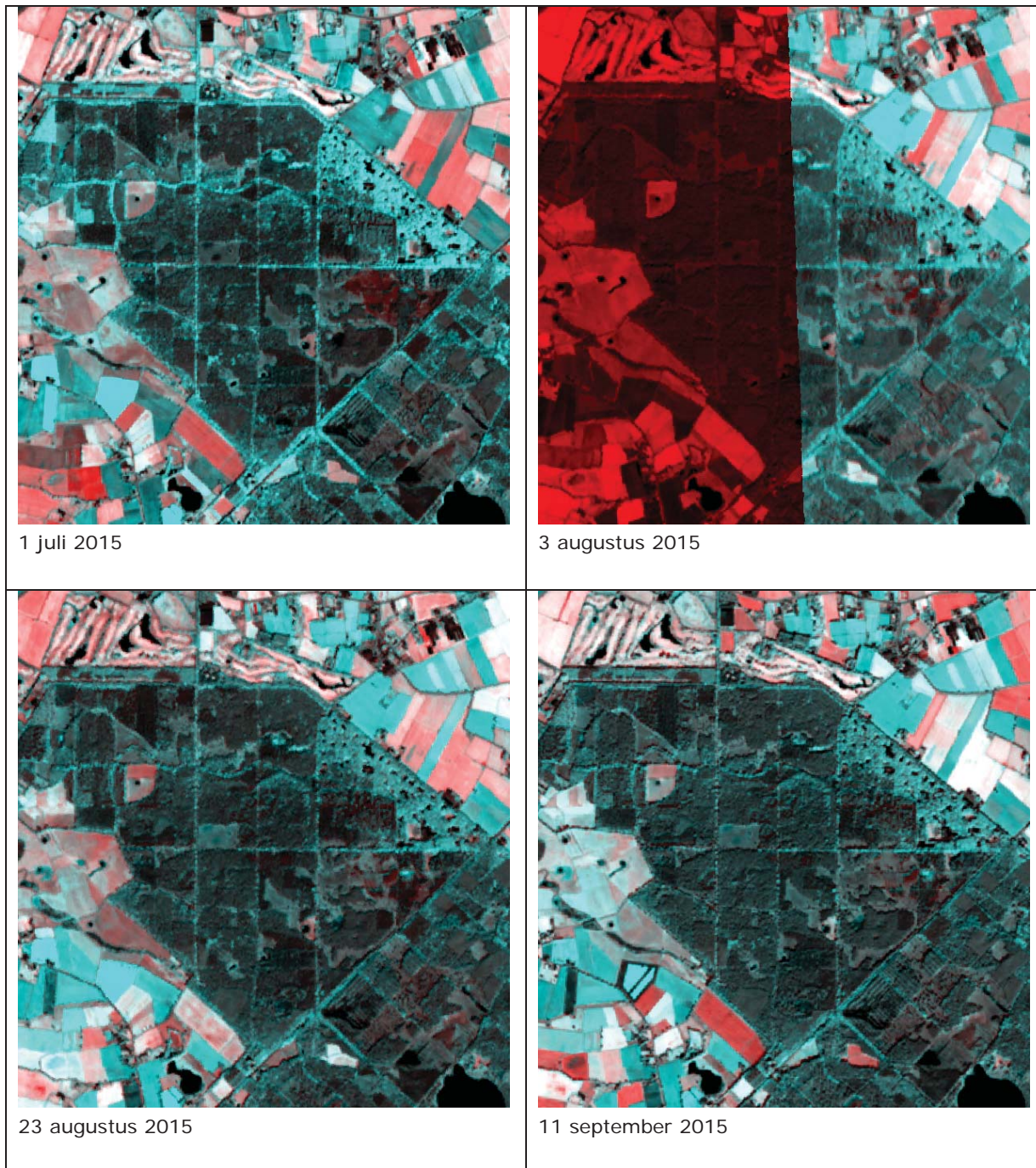
**Tabel 3.1. Geschat en berekend verbrand areaal met het bijbehorende vegetatietype voor de 9 geanalyseerde natuurbranden in dit onderzoek**

Datum	Locatie	Oppervlakte (ha)							
		Brandweer-schatting	Satelliet						
			Totaal	Loofbos	Naaldbos	Heide	Hoogveen	Lage duin-vegetatie	Rest
10-03-14	Nationaal Park Loonse en Drunense Duinen	30	33.05	8.88	22.05				2.12
17-04-14	Mastbos bij Breda	10	6.83	0.23	5.56	1.05			
20-04-14	Nationaal Park De Hooge Veluwe	350	368.06	1.43	15.66	341.76			9.23
18-05-14	Heide aan de Rijt	1.5	1.98			1.95			0.03
18-05-14	Duinen bij Wijk aan Zee	niet bekend	0.43					0.43	
13-03-15	Fochteloërveen bij Veenhuizen	50-100	69.41	1.01			65.28		3.13
02-05-15	Alphen-Chaam, nabij Fransebaan	0.3	onvindbaar						
17-05-15	Natuurgebied Chaamse bossen	60	14.07	0.58	8.51	4.95			0.04
06-05-16	Hoog-Soeren op de Veluwe	10	14.50			14.27			0.23

### 3.6 Herstel na de natuurbrand

Tot nu toe is de analyse uitgevoerd op satellietbeelden vlak voor en vlak na de natuurbrand. De vraag is echter wel tot hoe lang na een natuurbrand dit fenomeen nog te karteren is met behulp van satellietbeelden en daarmee samenhangend hoe snel de natuur zich kan herstellen.

Hiervoor is ook gekeken naar satellietbeelden verder in de tijd na de natuurbrand. Figuur 3.8 laat 4 NIR reflectie verschilbeelden zien als we het beeld van voor de brand (21 april 2015) combineren met de beelden van 1 juli (linksboven in Figuur 3.8), 3 augustus (rechtsboven), 23 augustus (linksonder) en 11 september 2015 (rechtsonder). Op 1 juli is het verbrande areaal nog duidelijk te herkennen. Echter op 3 augustus en later is dit niet meer het geval. Nog slechts een enkel rood vlekje is te herkennen, wat ook nog wel eens het gevolg kan zijn van menselijk ingrijpen na de natuurbrand (plaggen of bomenkap). Ergens in juli is de heide en ondergroei onder bomen zoveel hersteld dat het niet meer te zien is op deze satellietbeelden, dus ongeveer tot twee maanden na de natuurbrand is deze nog te herkennen op satellietbeelden.



**Figuur 3.8. NIR verschilbeelden van het verloop van het natuurherstel in de het getroffen gebied van de natuurbrand in de Chaamse bossen op 17 mei 2015**

### **3.7 Monitoring verloop natuurbrand**

In een enkel geval is het ook mogelijk om het verloop van de natuurbrand te monitoren. Dit kan als er ook satellietbeelden beschikbaar op de dag van de brand zelf. Dit was het geval voor de natuurbrand op de Hooge Veluwe op 20 april 2014. Deze brand is in meerdere opzichten bijzonder; niet alleen was het de grootste natuur brand van de afgelopen decennia, het was ook een van de weinige natuurbranden waarbij bomen (grove den) in brand vlogen.

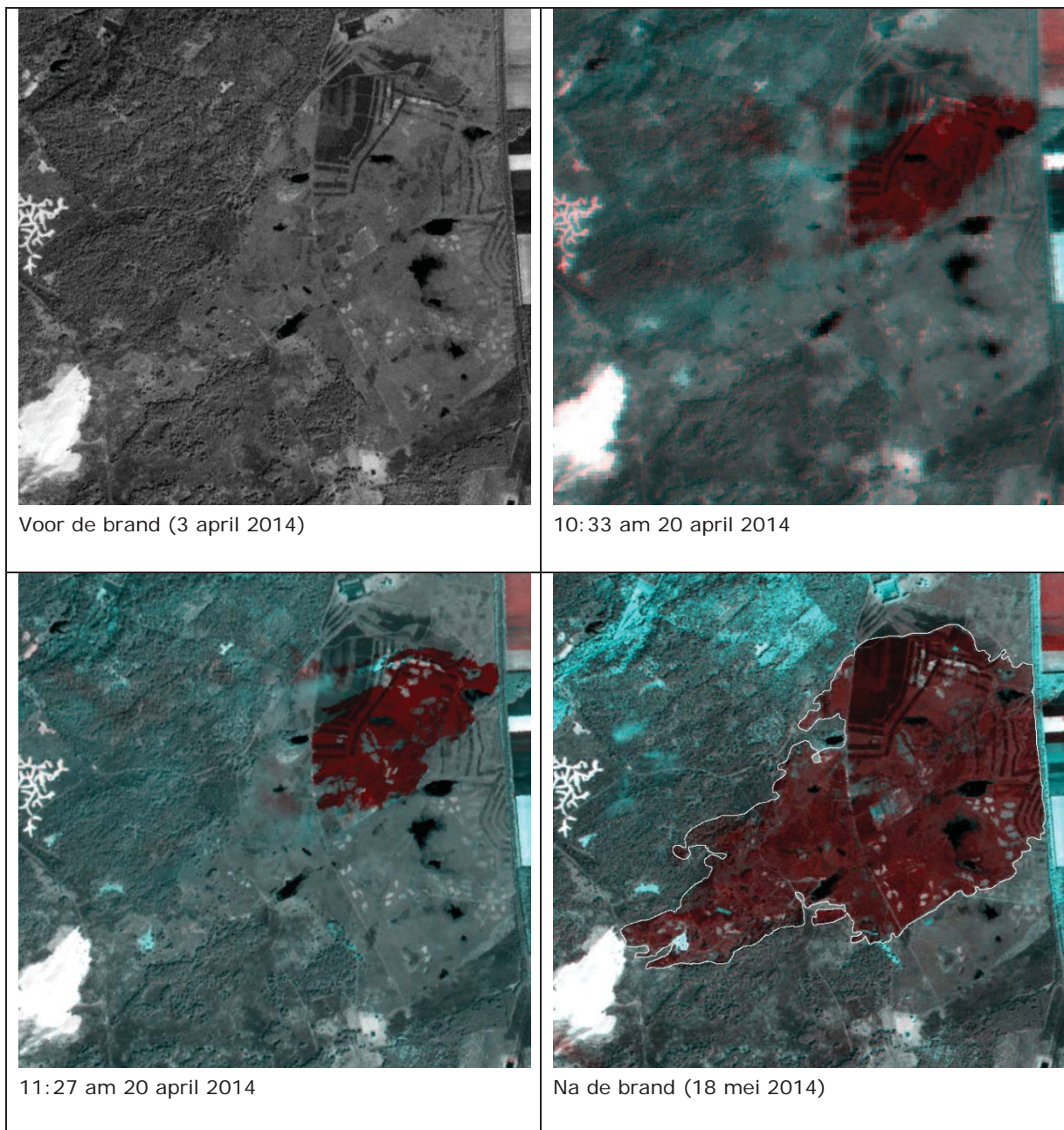


**Figuur 3.9. Satellietfoto's voor (3 april), tijdens (20 april, 11:27 am) en na (18 mei) de grote natuurbrand op Nationaal Park De Hoge Veluwe op 20 april 2014**

Er zijn twee satellietbeelden opgenomen op 20 april 2014. Een Spot satellietbeeld met 5 m resolutie om 11:27 lokale tijd. Figuur 3.9 (middelste plaatje) geeft het weer. Duidelijk zichtbaar zijn de rookpluimen van de verschillende brandhaarden. Ook zichtbaar is het zwarte verbrande areaal. Maar als je goed kijkt zie je dat delen van de heide van nature ook zwart zijn en dus verbrand lijken. Het NIR verschilbeeld in Figuur 3.10 laat echter zien dat delen van die donkere heide niet verbrand zijn, met name ten noorden van de natuurbrand omstreeks 11:27 am.

Er is ook een DMC satellietbeeld beschikbaar om 10:33 lokale tijd. Dit beeld heeft een resolutie van 25 m en helaas geen reflectieband in het blauwe licht, zodat er geen natuurgetrouwe foto van kan worden gemaakt. Het heeft echter wel een NIR reflectie band, zodat het wel gebruikt kan worden om het verbrande areaal in kaart te brengen (zie Figuur 3.10)

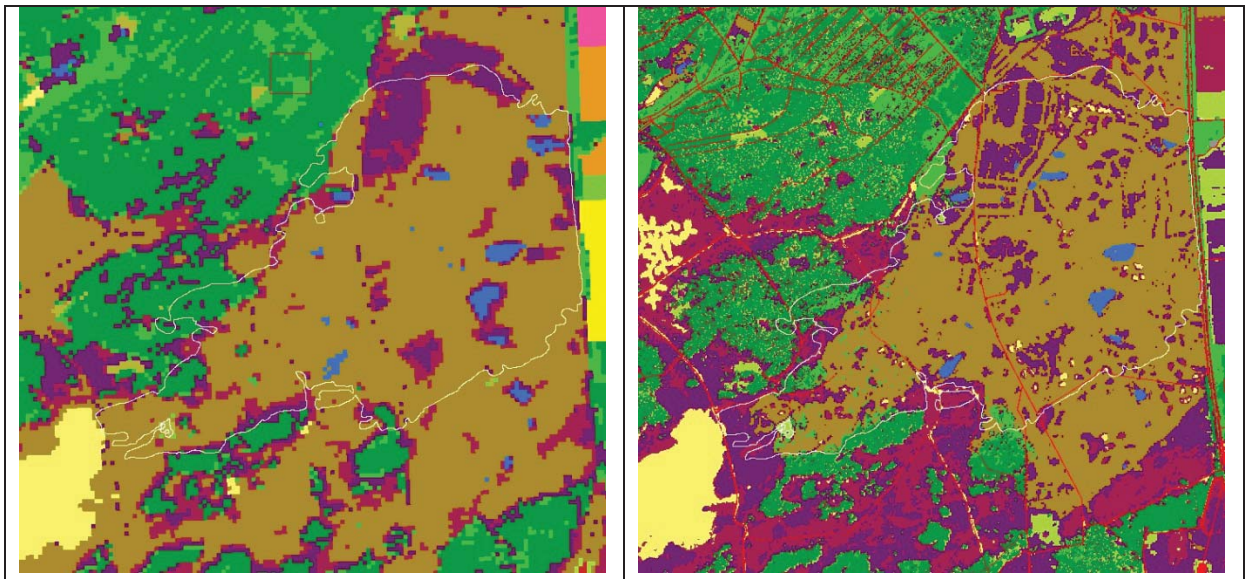
De twee momentopnames zijn samen met een beeld voor de brand en een beeld achteraf gepresenteerd als NIR verschilbeelden in Figuur 3.10, waarbij rood het verbrande areaal weergeeft. Nu wordt het mogelijk om het verloop van de natuurbrand te monitoren. Duidelijk zichtbaar is het startpunt van de brand nabij de N804 autoweg. Met een felle wind vanuit het oosten heeft de brand zich om 10:33 al snel richting het westen verplaatst. In eerste instantie heeft de brandweer de brand proberen tegen te houden bij het noord-zuidelijk gelegen fietspad. Een uur later om 11:27 heeft de brand zich iets uitgebreid naar het zuiden en noorden, maar de stoplijn op het fietspad houdt stand. Dat deze stoplijn het helaas niet heeft gehouden is te zien op het laatste beeld waarop de totale omvang van de natuurbrand zichtbaar is. De brand heeft zich nog een stuk naar het westen verplaatst en met een draaiende wind naar het zuiden is ook in zuidelijke richting nog een stuk Veluwe afgebrand. De totale omvang bedraagt op basis van de satellietwaarnemingen 368 ha, wat dicht in de buurt van de brandweerschatting van 350 ha zit.



**Figuur 3.10** Het verloop van de natuurbrand op de Veluwe van 20 april 2014. Het beeld linksboven geeft de initiële situatie weer; rechtsboven geeft in rood het verbrande areaal weer op 20 april 2014 om 10:33 am (dus tijdens de brand), linksonder een uur later om 11:27 am. Het beeld rechtsonder geeft het totale verbrande areaal weer a.d.h.v. een satellietbeeld van 18 mei 2014.

Het verbrande oppervlak bestaat volgens de LGN7 landgebruikkaart uit 2012 voor het overgrote deel uit heide (zie Figuur 3.11 en Tabel 3.2), en dan met name sterk vergrasde heide (267 ha), waarbij in het voorjaar veel lang verdroogd pijpenstrootje tussen zit dat snel en goed brand.

Voor de Veluwe is echter ook al een LGN8 versie met referentiejaar 2016 beschikbaar (zie Figuur 3.11). Deze kaart is gebaseerd op Spot en Sentinel beelden en kan daarom een veel hogere resolutie van 5 m hebben. De natuurlijke patronen van de vegetatie komen hierop dan ook veel beter tot uiting. Met name het areaal sterk vergrasde heide loopt op de LGN8 kaart niet door naar het zuidwesten, zoals op de LGN7 kaart. Ook worden open plekje in het bos beter zichtbaar (open bos versus gesloten bos). Het ligt in de planning dat LGN8 in 2017 beschikbaar komt voor geheel Nederland, zodat deze analyse dan ook voor de andere natuurbranden kan worden uitgevoerd.



Figuur 3.11 Landgebruik op de Veluwe; links de LGN7 kaart van 2012 (25 m resolutie) en rechts de LGN8 kaart van 2016 (5 m resolutie). De legenda hiervan is te vinden in Annex 2. De omtrek van het verbrande areaal is er overheen geprojecteerd.

Tabel 3.2. Het LGN landgebruik van het verbrande areaal van de natuurbrand op 20 april 2014 in Nationaal Park De Hoge Veluwe

LGN Landgebruik	Oppervlakte (ha)	
	LGN7	LGN8
Loofbos	1.43	11.02
Naaldbos	15.66	5.14
Water	8.56	5.65
Zand	0.06	2.74
Heide	35.36	71.37
Heide met buntgras	37.45	14.25
Sterk vergrasde heide	268.95	254.19
Grasland	0.61	0.69
Bebouwing	0.00	3.03
Totaal	<b>368.06</b>	<b>368.06</b>

### 3.8 Vergelijking met EFFIS resultaten

De resultaten uit deze studie kunnen voor de jaren 2014 en 2015 worden vergeleken met de eerder genoemde EFFIS monitoring, waarvan de resultaten in Annex 1 staan. Het totaal oppervlakte in 2014 komt redelijk met elkaar overeen (Tabel 3.3). De EFFIS monitoring heeft blijkbaar wel de grote brand op de Hoge Veluwe waargenomen, maar niet de overige vier kleinere branden waarvoor de door EFFIS gevolgde methode met een resolutie van 40 ha niet geschikt is (zie ook de introductie). Op basis van deze beperkte vergelijking lijkt het verder dat EFFIS de arealen bosbranden onderschat. Dat komt mogelijk door het feit dat de boomkronen veelal onaangetast blijven waardoor met de lage resolutie de branden niet te detecteren zijn.

Het gemiddelde van de twee jaar die nu meegenomen zijn (32 ha bos en 215 ha niet bos) komen redelijk overeen met de gemiddelde historische arealen tussen 1980 en 1992 die momenteel gebruikt worden voor de jaarlijkse bepaling van broeikasgasemissies uit natuurbranden (38 ha bos en 210 ha niet bos; Arets et al. 2015)

**Tabel 3.3. Vergelijking van de arealen (ha) en aantal (n) natuurbranden volgens deze studie en volgens de EFFIS monitoring**

Jaar	Deze studie				EFFIS			
	Totaal (ha)	n	Bos (ha)	Niet-bos (ha)	Totaal (ha)	n	Bos (ha)	Niet-bos (ha)
2014	410.35	5	53.81	356.57	396	1	4.06	391
2015	83.48	3	10.1	73.4	21.92	1	0	21.92

### 3.9 Opzet systeem om natuurbranden te monitoren

Aangezien de groenmonitor.nl niet goed geschikt blijkt om natuurbranden op te sporen is het oorspronkelijke plan om een automatisch detectiesysteem op te zetten aangepast. Het nieuwe ontwerp voor een natuurbranden monitoring systeem berust op twee pijlers:

1. Permanente screening van de media, brandweermeldingen en andere bronnen op het plaatsvinden van natuurbranden. Omdat het in de meeste jaren slechts om een handvol of in uitzonderlijke gevallen enkele tientallen gevallen gaat, is een handmatige verzameling van deze melding het meest efficiënt en kostenbesparend.
2. Deze meldingen kunnen dan met behulp van satellietbeelden snel en efficiënt worden geanalyseerd op oppervlakte, vorm en landgebruik. Uit deze studie blijkt duidelijk de toegevoegde waarde van deze informatie. Resultaten komen naar buiten als een kort informatiebulletin per keer en gebundeld als jaarlijks rapport. Dit kan weer de input vormen voor de emissieregistratie en natuurbrandenonderzoek (en andere vervolgacties).



## 4 Conclusies

De opzet om op basis van de Groenmonitor.nl een natuurbranden detectie en monitorsysteem op te zetten blijkt niet haalbaar. De NDVI groenindex beelden uit de Groenmonitor geven natuurbranden niet duidelijk weer. Dit komt omdat natuurbranden vooral heidebranden zijn die in het voorjaar plaatsvinden, wanneer de sapstroom van de heideplant nog niet op gang is gekomen en de heideplant er nog dor en kaal uitziet met een bijhorende lage NDVI waarde, welke nagenoeg gelijk is aan de NDVI waarde van verbrande heide (is ook dor en kaal).

Detectie van natuurbranden is echter wel goed mogelijk op basis van NIR reflectie beelden. Met name de hoge resolutie Spot en Sentinel beelden (resoluties 6 m en 10 m) zijn uitermate geschikt om natuurbranden te karteren. In alle gevallen is de oppervlakte en vorm van de natuurbrand goed op te sporen, wat ook vaak inzicht geeft in de oorzaak en verspreiding van de brand.

In combinatie met additionele LGN landgebruikskaarten is het ook goed mogelijk om het landgebruik en type vegetatie binnen het verbrande areaal te kwantificeren en te karakteriseren. Het blijkt in de meeste gevallen te gaan om heide en andere lagere begroeiing. De meeste natuurbranden tasten de boomkruinen niet aan, maar verbranden slecht de ondergroei.

Tot twee maanden na een natuurbrand is deze nog te herkennen op hoge resolutie satellietbeelden (Spot en Sentinel in dit geval). Na deze twee maanden is heide en ondergroei onder bomen in het getroffen gebied zover hersteld dat het niet meer te herkennen is op satellietbeelden als zijnde verbrand geweest. Een volledig geautomatiseerd natuurbranden monitoringsysteem blijkt op dit moment niet haalbaar, enerzijds omdat de wekelijkse Groenmonitor beelden niet kunnen worden gebruikt als input en er dus additionele satellietbeelden moeten worden verwerkt, en anderzijds omdat er binnen natuurgebieden zoveel processen/veranderingen plaatsvinden, dat het moeilijk is om natuurbranden hieruit exclusief te extraheren.

Het is echter wel mogelijk om een efficiënt en compleet natuurbranden monitoringsysteem op te zetten op basis van geringe manuele input en satellietbeelden. Voorgesteld wordt om natuurbranden monitoringsysteem op te zetten dat berust op twee pijlers:

1. Permanente screening van de media, brandweermeldingen en andere bronnen op het plaatsvinden van natuurbranden. Omdat het in de meeste jaren slechts om een handvol of in uitzonderlijke gevallen enkele tientallen gevallen gaat, is een handmatige verzameling van deze melding het meest efficiënt en kostenbesparend.
2. Deze meldingen zullen dan met behulp van satellietbeelden snel en efficiënt worden geanalyseerd op oppervlakte, vorm en landgebruik. Uit deze studie blijkt duidelijk de toegevoegde waarde van deze informatie. Resultaten komen naar buiten als een kort informatiebulletin per keer en gebundeld als jaarlijks rapport. Dit kan weer de input vormen voor de emissieregistratie en natuurbrandenonderzoek (en andere vervolgtacties).



## Referenties

- Arets, E. J. M. M., J. W. H. van der Kolk, G. M. Hengeveld, J. P. Lesschen, H. Kramer, P. J. Kuikman and M. J. Schelhaas. (2015). *Greenhouse gas reporting of the LULUCF sector in the Netherlands. Methodological background*. WOt Technical report 52. Statutory Research Tasks Unit for Nature & the Environment (WOT Natuur & Milieu), Wageningen UR, Wageningen, The Netherlands. <http://edepot.wur.nl/370564>.
- Arets, E. J. M. M., J. W. H. van der Kolk, G. M. Hengeveld, J. P. Lesschen, H. Kramer, P. J. Kuikman and M. J. Schelhaas. (2016). *Greenhouse gas reporting of the LULUCF sector in the Netherlands. Methodological background*. WOt Technical report. Statutory Research Tasks Unit for Nature & the Environment (WOT Natuur & Milieu), Wageningen UR, Wageningen, The Netherlands.
- Hazeu, G. W., C. Schilling, G. J. van Dorland, G. J. Roerink, H. S. D. Naeff and R. A. Smidt. (2014). *Landelijk Grondgebruiksbestand Nederland versie 7 (LGN7) : vervaardiging, nauwkeurigheid en gebruik*. Alterra Wageningen UR, Wageningen.
- IPCC. (2006). *2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 4, Agriculture, Forestry and Other Land Use*. IPCC National Greenhouse Gas Inventories Programme. Published by the Institute for Global Environmental Strategies (IGES), Kanagawa, Japan.
- IPCC. (2014). *2013 Revised Supplementary Methods and Good Practice Guidance Arising from the Kyoto Protocol*. in T. Hiraishi, Krug, T., Tanabe, K., Srivastava, N., Baasansuren, J., Fukuda, M. and Troxler, T.G. , editor. IPCC, Switzerland.
- Kramer, H. and J. Clement. (2015). *Basiskaart Natuur 2013; Een landsdekkend basisbestand voor de terrestrische natuur in Nederland*. WOt-technical report 41. Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu Wageningen, The Netherlands. <http://edepot.wur.nl/356218>.
- Roerink, G. J. and C. A. Mûcher. (2013). *Nationaal Satelliet Dataportaal, Ontsluiting en toepassingen*. Alterra Wageningen UR, Wageningen.
- Wijdeven, S. M. J., M. J. Schelhaas, A. F. M. Olsthoorn, R. J. Bijlsma and K. Kramer. (2006). *Bosbrand en terreinbeheer - een verkenning*. Alterra, Wageningen UR, Wageningen, The Netherlands.



## Annex 1 – EFFIS jaarlijkse oppervlakte bosbranden

Op Europese schaal worden in het kader van het 'European Forest Fire Information System' (EFFIS) natuurbranden gemonitord met behulp van MODIS satellietbeelden. De oppervlakte natuurbranden worden jaarlijks gerapporteerd in rapporten (zie <http://forest.jrc.ec.europa.eu/effis/reports/annual-fire-reports/>).

Jaar	Totale verbrandde oppervlakte	Tekst uit jaarlijkse EFFIS rapport
2015	21.92	In 2015 one fire was recorded that burnt 21.92 ha of Natura2000 land in April. The land type burnt was Other Natural Land. <sup>1</sup>
2014	395.95	The Netherlands does not usually suffer large fires, but in 2014 a single fire burnt 396 ha in April. 354 ha of this was Natura2000 sites, amounting to 90% of the total and 0.062% of the Natura2000 land in the country. The distribution of the mapped burnt area by land cover type using the CLC 2000 database included 4.06 ha of forest/other wooded land, 341.57 of other natural land and 50.32 ha of agricultural land. <sup>2</sup>
2013 2012		The Netherlands are not listed in these reports, assumedly because no fires > 40 ha were detected by EFFIS
2011	147.58	The Netherlands also suffered a large fire in the early part of the fire season: in this case in May. The fire burned 147.58 ha, all of which was in a Natura2000 site, representing 0.03% of the total NATURA2000 areas in the country. The distribution of the mapped burnt area by land cover type using the CLC 2000 database included 54.62 ha of forest/other wooded land and 92.96 of other natural land. <sup>3</sup>
2010 2009 2008		The Netherlands are not listed in these reports, assumedly because no fires > 40 ha were detected by EFFIS
2007		The Netherlands are not listed in this report, assumedly because no fires > 50 ha were detected by EFFIS
2006	70	The Netherlands had an exceptional large fire in May 2006 on a forest area that burned a total of 70 ha as mapped with the MODIS satellite imagery. <sup>4</sup>
2005 2004 2003 2002 2001		The Netherlands are not listed in these report

<sup>1</sup> [http://forest.jrc.ec.europa.eu/media/cms\\_page\\_media/9/Forest%20fires%20in%20Europe%2C%20Middle%20East%20and%20North%20Africa%202015\\_final\\_pdf.pdf](http://forest.jrc.ec.europa.eu/media/cms_page_media/9/Forest%20fires%20in%20Europe%2C%20Middle%20East%20and%20North%20Africa%202015_final_pdf.pdf)

<sup>2</sup> [http://forest.jrc.ec.europa.eu/media/cms\\_page\\_media/9/Forest%20fires%20in%20Europe%2C%20Middle%20East%20and%20North%20Africa%202014\\_final\\_pdf.pdf](http://forest.jrc.ec.europa.eu/media/cms_page_media/9/Forest%20fires%20in%20Europe%2C%20Middle%20East%20and%20North%20Africa%202014_final_pdf.pdf)

<sup>3</sup> [http://forest.jrc.ec.europa.eu/media/cms\\_page\\_media/9/forest-fires-in-europe-2011.pdf](http://forest.jrc.ec.europa.eu/media/cms_page_media/9/forest-fires-in-europe-2011.pdf)

<sup>4</sup> [http://forest.jrc.ec.europa.eu/media/cms\\_page\\_media/9/02-forest-fires-in-europe-2006.pdf](http://forest.jrc.ec.europa.eu/media/cms_page_media/9/02-forest-fires-in-europe-2006.pdf)




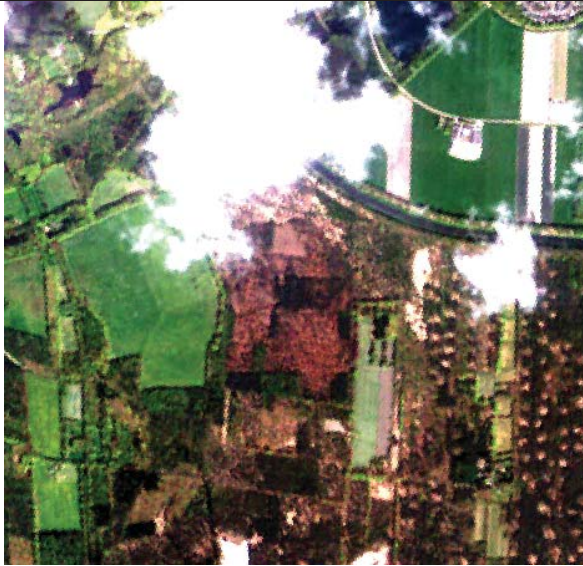
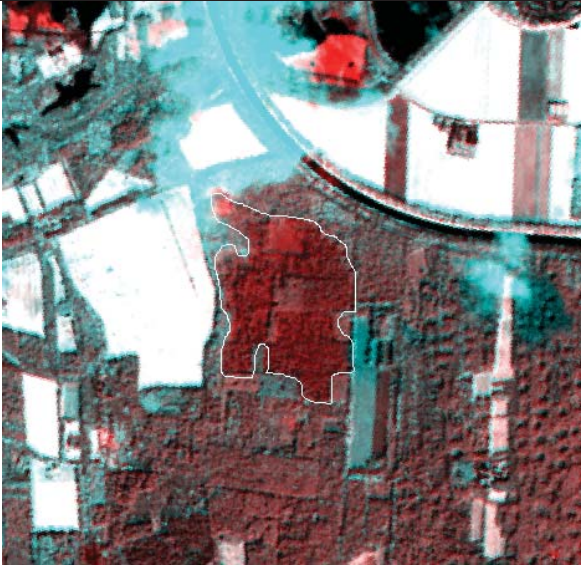

## Annex 2 - LGN7 legend



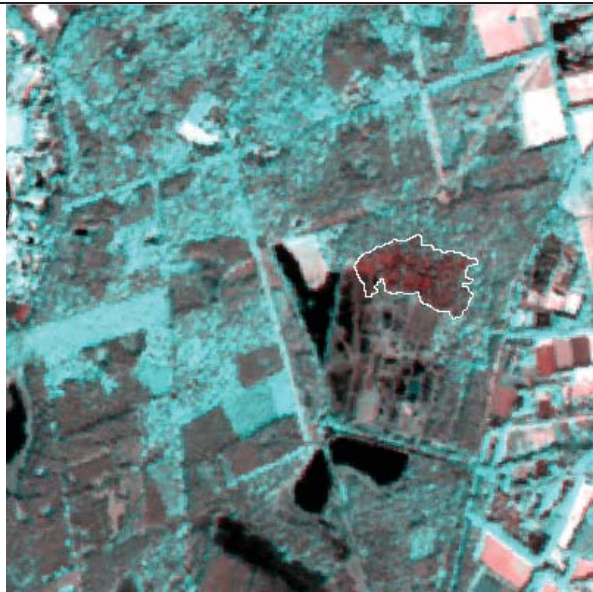
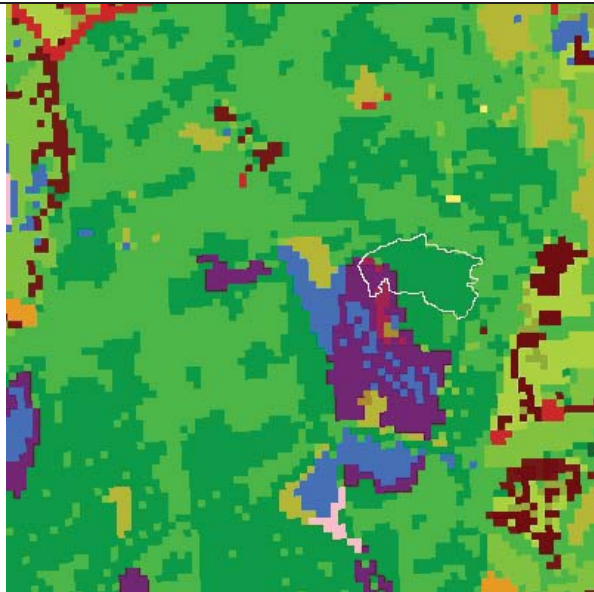
Legenda					
	Agrarisch gras		Bebouwing in primair bebouwd gebied		Duinheide
	Mais		Bebouwing in secundair bebouwd gebied		Open stuifzand en/ of rivierzand
	Aardappelen		Bos in primair bebouwd gebied		Heide
	Bieten		Bos in secundair bebouwd gebied		Matig vergraste heide
	Granen		Gras in primair bebouwd gebied		Sterk vergraste heide
	Overige gewassen		Kale grond in primair bebouwd gebied		Hoogveen
	Glastuinbouw		Hoofdwegen en spoorwegen		Bos in hoogveengebied
	Boomgaarden		Bebouwing in het buitengebied		Overige moerasvegetatie
	Bloembollen		Gras in secundair bebouwd gebied		Rietvegetatie
	Loofbos		Kwelders		Bos in moerasgebied
	Naaldbos		Open zand in kustgebied		Natuurgraslanden
	Zoet water		Duinen met een lage vegetatie (<1m)		Boomkwekerijen
	Zout water		Duinen met een hoge vegetatie (>1m)		Fruïtkwekerijen



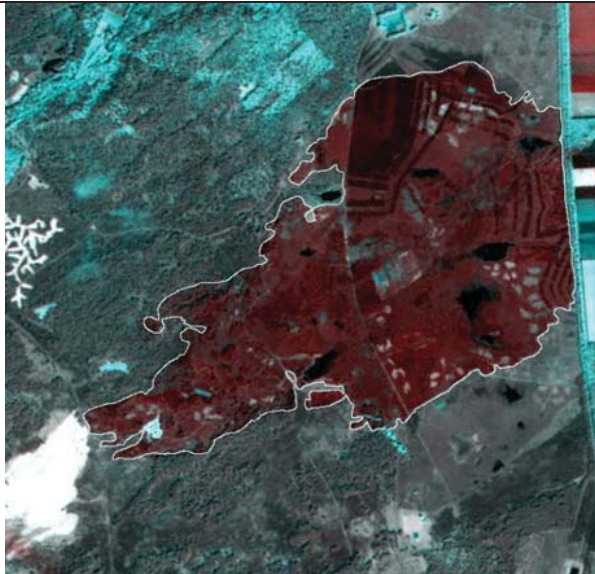
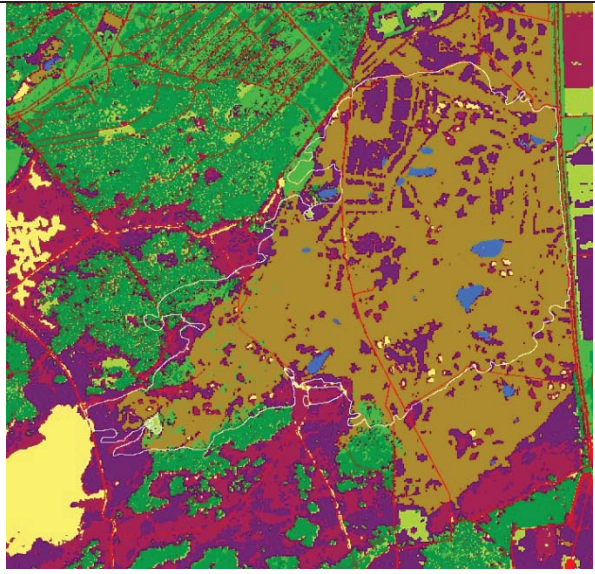




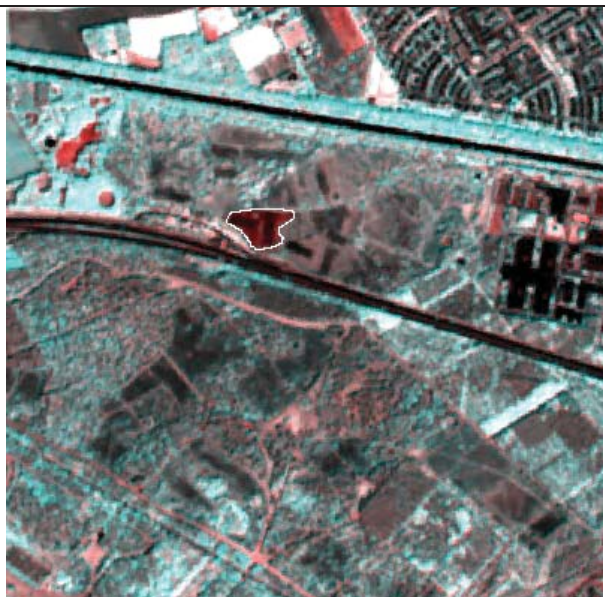
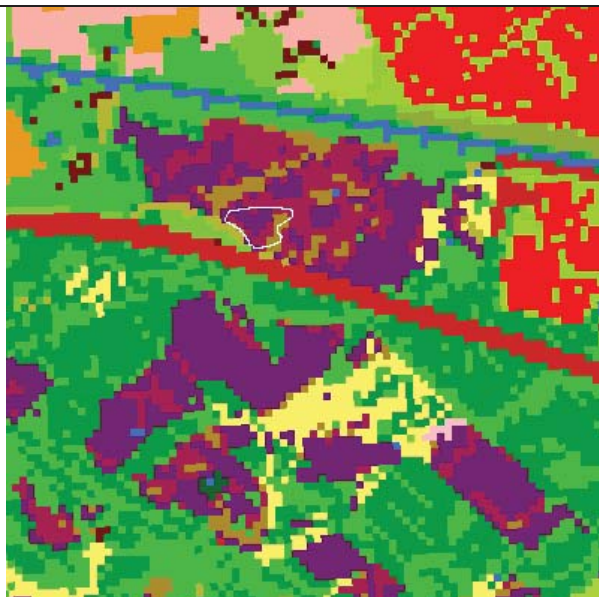




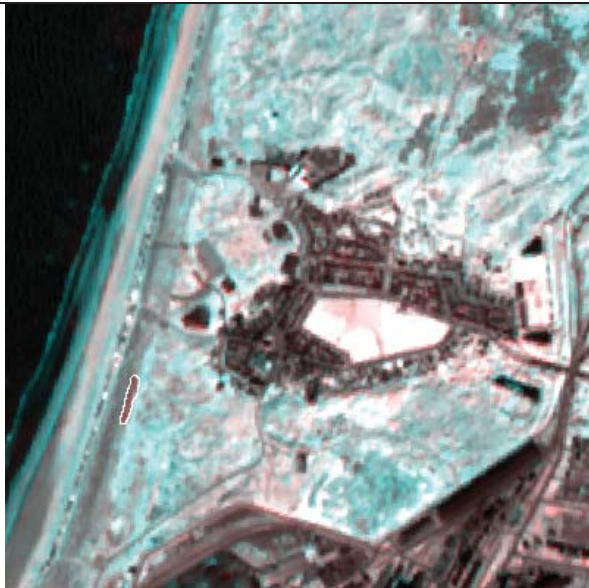
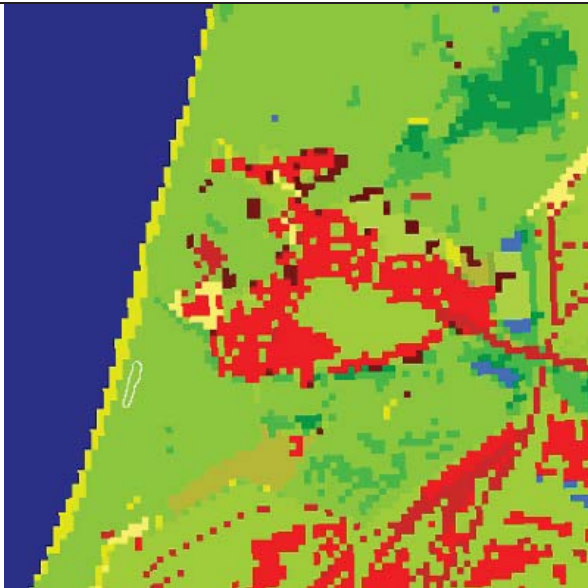
### Annex 3 - Informatiebulletin per natuurbrand

Locatie Natuurbrand	<b>Nationaal Park Loonse en Drunense Duinen</b>
Datum natuurbrand	10 maart 2014
Geschatte oppervlak brandweer	30 ha
Oppervlak satellietbeelden	33,05 ha
Omtrek satellietbeelden	3348 m
LGN7 landgebruik	Loofbos: 8,88 ha; Naaldbos: 22,05 ha; Rest: 2,12
Weersomstandigheden (Gilze-Rijen)	Temperatuur: 6.0 °C Zonneschijn: 3.5 uur (= 32%) Luchtdruk: 990 hPa Relatieve luchtvochtigheid: 77% Neerslag: 0.7 mm Windsnelheid: 4.2 m/s (= 3 Bft) Windrichting: 148° (= ZZO)
Bijzonderheden	
 <p>Satellietfoto voor de brand (3 maart 2014)</p>	 <p>Satellietfoto na de brand (19 april 2014)</p>
 <p>NIR verschilbeeld van 3-mrt-2014 &amp; 19-apr-2014 Omtrek natuurbrand in wit weergegeven</p>	 <p>LGN7 landgebruik</p>

Locatie natuurbrand	<b>Mastbos nabij Breda</b>
Datum natuurbrand	17 april 2014
Geschatte oppervlak brandweer	10 ha
Oppervlak satellietbeelden	6,83 ha
LGN7 landgebruik	Loofbos: 0,23 ha; Naaldbos: 5,56 ha; Heide: 1,05
Weersomstandigheden (Gilze-Rijen)	Temperatuur: 8.7 °C Zonneschijn: 7.9 uur (= 57%) Luchtdruk: 1019.4 hPa Relatieve luchtvochtigheid: 59% Neerslag: 1.4 mm Windsnelheid: 4.2 m/s (= 3 Bft) Windrichting: 242° (= WZW)
Bijzonderheden	
	
Satellietfoto voor de brand (1 april 2014)	Satellietfoto na de brand (18 mei 2014)
	
NIR verschilbeeld van 1-apr-2014 & 18-mei-2014 Omtrek natuurbrand in wit weergegeven	LGN7 landgebruik

Locatie natuurbrand	<b>Nationaal Park De Hooge Veluwe</b>
Datum natuurbrand	20 april 2014
Geschatte oppervlak brandweer	350 ha
Oppervlak satellietbeelden	368,08 ha
LGN7 landgebruik	Loofbos: 1,43 ha; Naaldbos: 15,66 ha; Heide: 341,76 ha; Rest: 9,23 ha
Weersomstandigheden (Deelen)	Temperatuur: 15.5 °C Zonneschijn: 12.5 uur (= 88%) Luchtdruk: 1008.2 hPa Relatieve luchtvochtigheid: 61% Neerslag: 0.0 mm Windsnelheid: 5.8 m/s (= 4 Bft) Windrichting: 76° (= O)
Bijzonderheden	Ook naaldbomen hebben vlam gevat. Er zijn ook satellietbeelden beschikbaar van 20 april tijdens de brand (zie elders in dit rapport).
	
Satellietfoto voor de brand (3 april 2014)	Satellietfoto na de brand (18 mei 2014)
	
NIR verschilbeeld van 3-apr-2014 & 18-mei-2014 Omtrek natuurbrand in wit weergegeven	LGN8 landgebruik

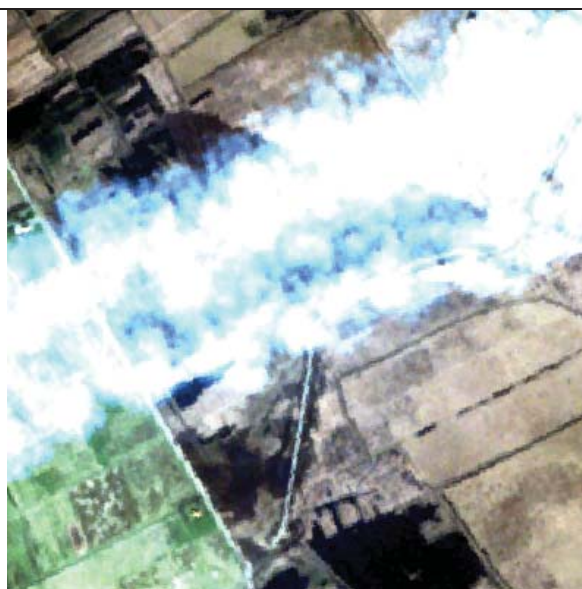
Locatie natuurbrand	<b>Heide aan de Rijt</b>
Datum natuurbrand	18 mei 2014
Geschatte oppervlak brandweer	1,5 ha
Oppervlak satellietbeelden	1,98 ha
Omtrek satellietbeelden	
LGN7 landgebruik	Heide: 1,95 ha; Rest: 0,03 ha
Weersomstandigheden (Volkel)	Temperatuur: 15.2 °C Zonneschijn: 12.7 uur (= 81%) Luchtdruk: 1013.9 hPa Relatieve luchtvochtigheid: 71% Neerslag: 0.0 mm Windsnelheid: 1.3 m/s (= 1 Bft) Windrichting: 82° (= O)
Bijzonderheden	
	
Satellietfoto voor de brand (20 april 2014)	Satellietfoto na de brand (6 juni 2014)
	
NIR verschilbeeld van 20-apr-2014 & 6-jun-2014 Omtrek natuurbrand in wit weergegeven	LGN7 landgebruik

Locatie natuurbrand	<b>Duinen bij Wijk aan Zee</b>
Datum natuurbrand	18 mei 2014
Geschatte oppervlak brandweer	Niet bekend
Oppervlak satellietbeelden	0,43 ha
LGN7 landgebruik	Duingras en struweel: 0,43 ha
Weersomstandigheden (Wijk aan Zee)	Temperatuur: 16.0 °C Zonneschijn: 13.0 uur (= 82%) Luchtdruk: 1014.1 hPa Relatieve luchtvochtigheid: 72% Neerslag: 0.0 mm Windsnelheid: 4.3 m/s (= 3 Bft) Windrichting: 57° (= ONO)
Bijzonderheden	
	
Satellietfoto voor de brand (25 april 2014)	Satellietfoto na de brand (11 juni 2014)
	
NIR verschilbeeld van 25-apr-2014 & 11-jun-2014 Omtrek natuurbrand in wit weergegeven	LGN7 landgebruik

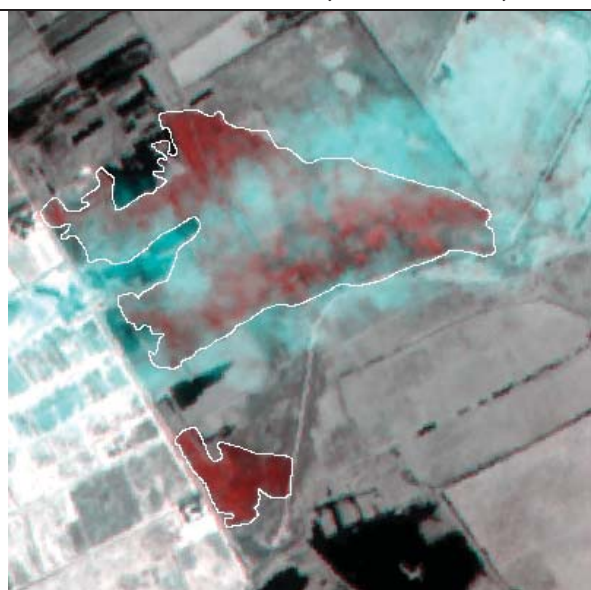
Locatie natuurbrand	<b>Fochtelooerveen bij Veenhuizen</b>
Datum natuurbrand	13 maart 2015
Geschatte oppervlak brandweer	50 tot 100 ha
Oppervlak satellietbeelden	69,41 ha
LGN7 landgebruik	Loofbos: 1.01 ha; Hoogveen: 65,28 ha; Rest: 3,13
Weersomstandigheden (Eelde)	Temperatuur: 3.3 °C Zonneschijn: 9.4 uur (= 81%) Luchtdruk: 1028.4 hPa Relatieve luchtvochtigheid: 75% Neerslag: 0.0 mm Windsnelheid: 4.3 m/s (= 3 Bft) Windrichting: 80° (= O)
Bijzonderheden	Het blijkt mogelijk om redelijk door de bewolking heen te kijken en toch het verbrande areaal in kaart te brengen. De natuurbrand vond plaats op twee locaties in het Fochtelooerveen.



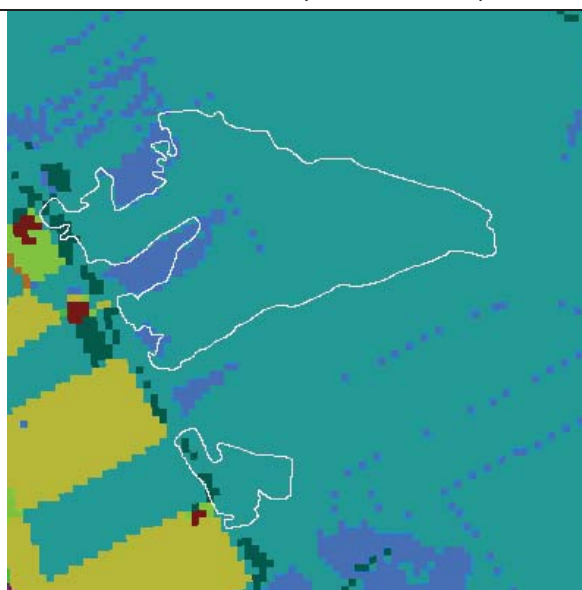
Satellietfoto voor de brand (12 maart 2015)



Satellietfoto na de brand (18 maart 2015)


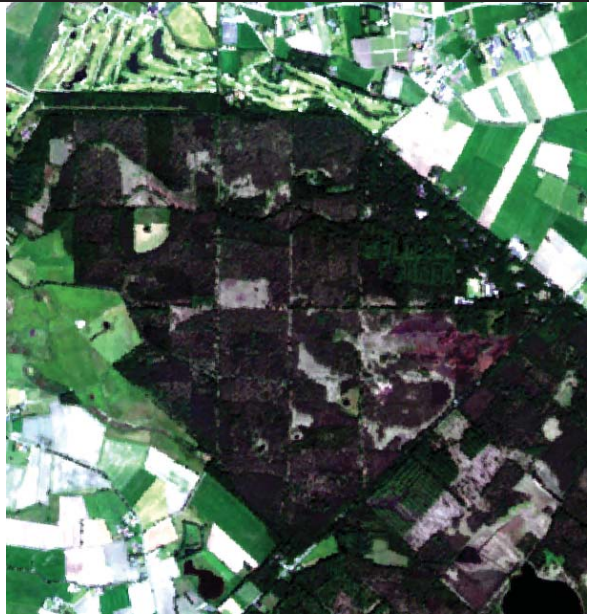
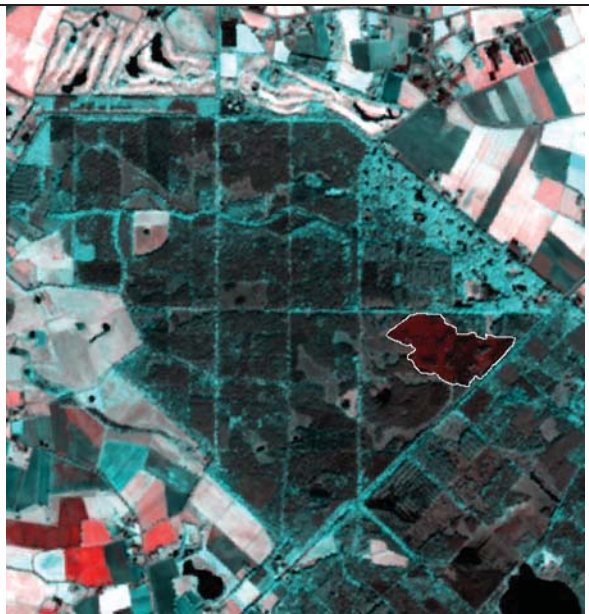
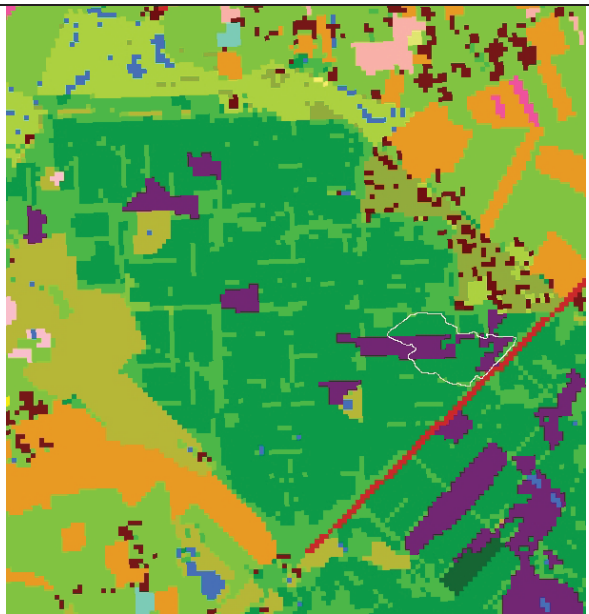


NIR verschilbeeld van 12-mrt-2015 & 18-mrt-2015




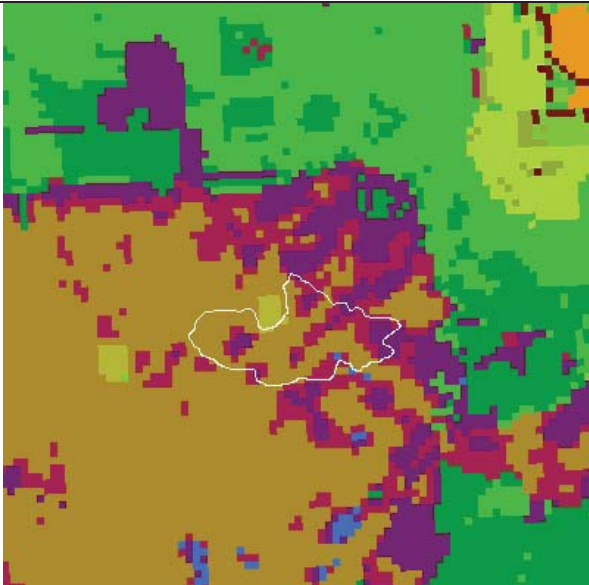




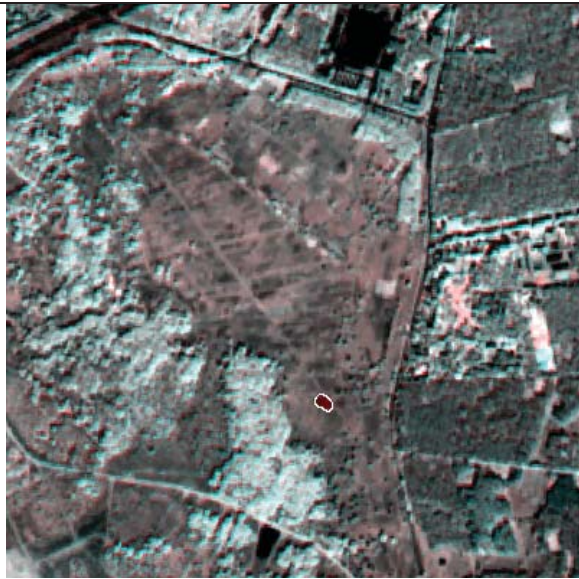
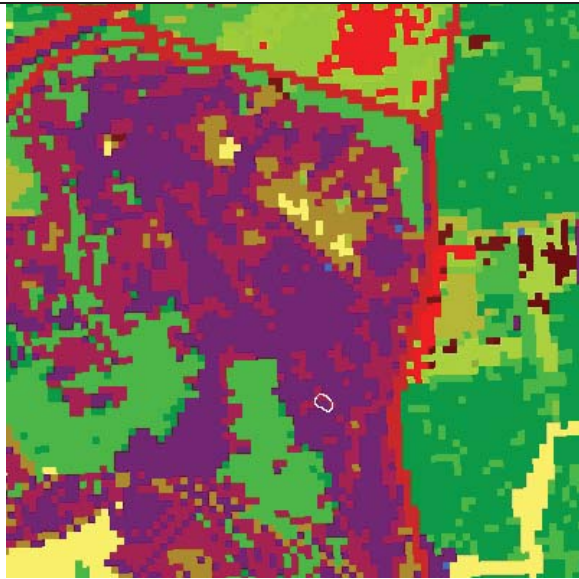
LGN7 landgebruik



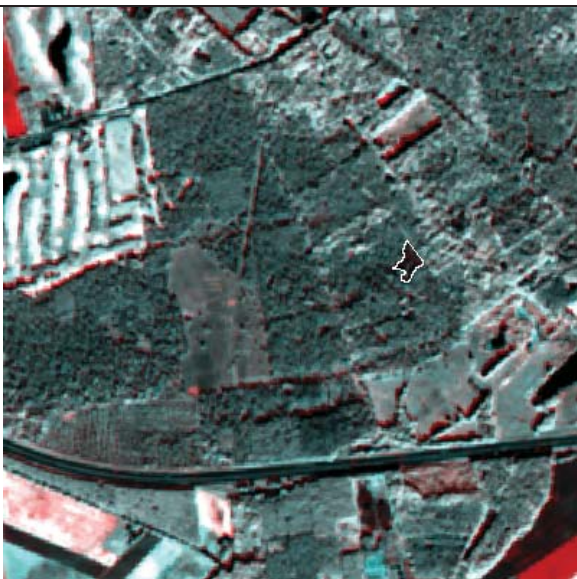
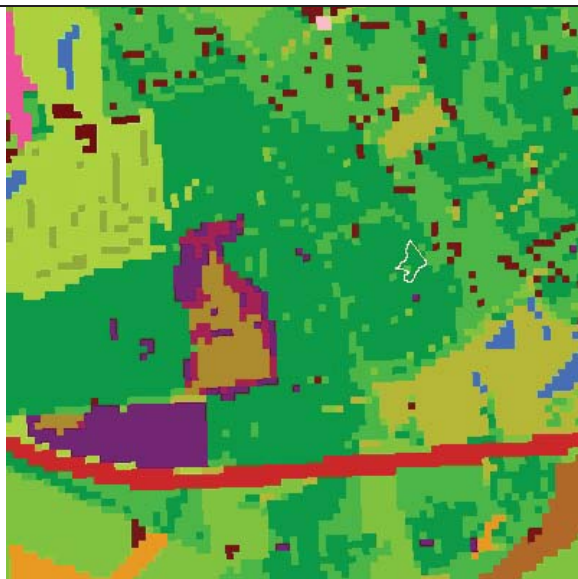
Locatie natuurbrand	<b>Alphen-Chaam, nabij Fransebaan</b>
Datum natuurbrand	2 mei 2015
Geschatte oppervlak brandweer	0,3 ha
Oppervlak satellietbeelden	onvindbaar
Omtrek satellietbeelden	
LGN7 landgebruik	
Bijzonderheden	Dit kleine natuurbrandje is niet te lokaliseren op de satellietbeelden. Mogelijkerwijs vond deze brand plaats op dezelfde locatie als de natuurbrand in de Chaamse bossen van twee weken later (op 17 mei 2015). Tussen 2 en 17 mei is helaas geen bruikbaar satellietbeeld beschikbaar gekomen, waardoor deze brand niet detecteerbaar is.

Locatie natuurbrand	<b>Natuurgebied De Chaamse bossen</b>
Datum natuurbrand	17 mei 2015
Geschatte oppervlak brandweer	60 ha
Oppervlak satellietbeelden	14,07 ha
LGN7 landgebruik	Loofbos: 0,58 ha; Naaldbos: 8,51 ha ; Heide; 4,95 ha; Rest: 0,04 ha
Weersomstandigheden (Gilze-Rijen)	Temperatuur: 11.9 °C Zonneschijn: 10.6 uur (= 68%) Luchtdruk: 1023.8 hPa Relatieve luchtvochtigheid: 64% Neerslag: 0.0 mm Windsnelheid: 3.0 m/s (= 2 Bft) Windrichting: 274° (= W)
Bijzonderheden	
	
Satellietfoto voor de brand (21 april 2015)	Satellietfoto na de brand (12 juni 2015)
	
NIR verschilbeeld van 21-apr-2015 & 12-jun-2015	LGN7 landgebruik



Locatie natuurbrand	<b>Hoog Soeren op de Veluwe</b>
Datum natuurbrand	6 mei 2016
Geschatte oppervlak brandweer	10,5 ha
Oppervlak satellietbeelden	14,50 ha
Omtrek satellietbeelden	
LGN7 landgebruik	Heide; 14,27 ha ; Rest: 0,23 ha
Weersomstandigheden (Deelen)	Temperatuur: 17.8 °C Zonneschijn: 13.5 uur (= 89%) Luchtdruk: 1013.5 hPa Relatieve luchtvochtigheid: 53% Neerslag: 0.0 mm Windsnelheid: 4.4 m/s (= 3 Bft) Windrichting: 124° (= OZO)
Bijzonderheden	
	
Satellietfoto voor de brand (21 april 2016)	Satellietfoto na de brand (7 mei 2016)
	
NIR verschilbeeld van 21-apr-2016 & 7-mei-2016 Omtrek natuurbrand in wit weergegeven	LGN7 landgebruik

Locatie natuurbrand	<b>Leusderheide</b>
Datum natuurbrand	27 augustus 2016
Geschatte oppervlak brandweer	150 m <sup>2</sup>
Oppervlak satellietbeelden	0.25 ha
Omtrek satellietbeelden	
LGN7 landgebruik	Heide: 0.25 ha
Weersomstandigheden (De Bilt)	Temperatuur: 1.6 °C Zonneschijn: 9.7 uur (= 69%) Luchtdruk: 1016.9 hPa Relatieve luchtvochtigheid: 77% Neerslag: 1.1 mm Windsnelheid: 3.5 m/s (= 3 Bft) Windrichting: 68° (= ONO)
Bijzonderheden	Blikseminslag op de avond van 27 augustus 2015 veroorzaakte deze kleine felle natuurbrand.
	
Satellietfoto voor de brand (18 augustus 2016)	Satellietfoto na de brand (9 september 2016)
	
NIR verschilbeeld van 18-aug-2016 & 9-sep-2016 Omtrek natuurbrand in wit weergegeven	LGN7 landgebruik

Locatie natuurbrand	<b>Buitengebied Zuid-West nabij Tilburg</b>
Datum natuurbrand	15 september 2016
Geschatte oppervlak brandweer	Een voetbalveld
Oppervlak satellietbeelden	0.65 ha
Omtrek satellietbeelden	
LGN7 landgebruik	Loofbos: 0.05 ha Naaldbos: 0.60 ha
Weersomstandigheden (Gilze-Rijen)	Temperatuur: 21.7 °C Zonneschijn: 10.1 uur (= 79%) Luchtdruk: 1010.5 hPa Relatieve luchtvochtigheid: 68% Neerslag: 12.7 mm Windsnelheid: 3.3 m/s (= 2 Bft) Windrichting: 152° (= ZZO)
Bijzonderheden	
	
Satellietfoto voor de brand (8 september 2016)	Satellietfoto na de brand (16 oktober 2016)
	
NIR verschilbeeld van 8-sep-2016 & 16-okt-2016 Omtrek natuurbrand in wit weergegeven	LGN7 landgebruik