

Nederland is groener dan kaarten laten zien

Mogelijkheden om 'groen' beter te inventariseren en monitoren met de automatische classificatie van digitale luchtfoto's

H. Kramer
J. Oldengarm
L.F.S. Roupioz

werkdocumenten



wot
Wetenschappelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu



WAGENINGENUR
For quality of life

Nederland is groener dan kaarten laten zien

De reeks 'Werkdocumenten' bevat tussenresultaten van het onderzoek van de uitvoerende instellingen voor de unit Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu (WOT Natuur & Milieu). De reeks is een intern communicatiemedium en wordt niet buiten de context van de WOT Natuur & Milieu verspreid. De inhoud van dit document is vooral bedoeld als referentiemateriaal voor collega-onderzoekers die onderzoek uitvoeren in opdracht van de WOT Natuur & Milieu. Zodra eindresultaten zijn bereikt, worden deze ook buiten deze reeks gepubliceerd.

Dit werkdocument is gemaakt conform het Kwaliteitshandboek van de WOT Natuur & Milieu en is goedgekeurd door Joep Dirx (deel)programmaleider WOT Natuur & Milieu

Nederland is groener dan kaarten laten zien

Mogelijkheden om 'groen' beter te inventariseren en monitoren met de automatische classificatie van digitale luchtfoto's

H. Kramer

J. Oldengarm

L.F.S. Roupioz

Werkdocument 216

Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu

Wageningen, december 2010

©2010 **Alterra Wageningen UR**
Postbus 47, 6700 AA Wageningen.
Tel: (0317) 47 47 00; fax: (0317) 41 90 00; e-mail: info@alterra.nl

De reeks WOt-werkdocumenten is een uitgave van de unit Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu, onderdeel van Wageningen UR. Dit werkdocument is verkrijgbaar bij het secretariaat. **Het document is ook te downloaden via www.wotnatuurenmilieu.wur.nl.**

Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu, Postbus 47, 6700 AA Wageningen
Tel: (0317) 48 54 71; Fax: (0317) 41 90 00; e-mail: info.wnm@wur.nl; Internet: www.wotnatuurenmilieu.wur.nl

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden veelevoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever. De uitgever aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

Inhoud

Samenvatting	7
1 Inleiding	9
2 Materiaal en methode, en studiegebieden	11
2.1 Brondata: luchtfoto 2006	11
2.2 Van foto naar informatie	12
2.3 Classificatieprocedure	16
2.4 Studiegebieden	17
2.4.1 Groen in het stedelijk gebied: Almere en Utrecht	17
2.4.2 Opgaand groen in het landelijk gebied: Nationaal Landschap Het Groene Woud	19
3 Resultaten	21
3.1 Groen in Almere	21
3.2 Monitoring met groen in Almere	25
3.3 Groen in Utrecht	26
3.4 Groen in het landelijk gebied: Nationaal Landschap Het Groene Woud	29
3.4.1 Erfbeplanting	30
3.4.2 Opgaand groen langs perceelgrenzen	32
4 Een automatisch classificatieproces voor heel Nederland; uitvoerbaarheid en beperkingen	35
4.1 Landsdekkende luchtfoto als bron voor informatie over groen	35
4.2 Geschiktheid van de procedure voor de classificatie van groen in een stedelijke omgeving en op erven in het landelijk gebied	36
4.3 Geschiktheid van de procedure voor de classificatie van opgaand groen in een landelijke omgeving	37
4.4 Kosten voor een classificatie	37
5 Conclusies & aanbevelingen	39
Literatuur	41
Bijlage 1 Areaal en percentage groen per wijk in Almere	43
Bijlage 2 Areaal en percentage groen per wijk in Utrecht	45

Samenvatting

Het monitoringonderzoek heeft tot nu toe inzicht gegeven in de bruikbaarheid van landelijke databestanden voor monitoringdoeleinden. Daaruit blijkt dat landelijke databestanden goed bruikbaar zijn om verschillende trends in het landschap in beeld te brengen (Boersma & Kuiper, 2006). Er zijn echter ook tekortkomingen. Met name veranderingen van kleine landschapselementen en het groen in bebouwd gebied kunnen onvoldoende met landelijke databestanden in beeld worden gebracht omdat de kwaliteit van de landelijke databestanden daarin tekortschiet.

Het doel van dit project is een methode te ontwikkelen waarmee landsdekkend informatie over kleine groene landschapselementen in het landelijke gebied en over het groen in de stad c.q. bebouwd gebied verzameld wordt. Op basis van de beschikbare luchtfoto 2006 is voor Utrecht en Almere het groen in het stedelijk gebied verzameld. Voor het landelijk gebied is een deel van het Nationaal Landschap Het Groene Woud verwerkt.

Conclusies uit het onderzoek

- Digitale luchtfoto's met een infrarode band zijn geschikt om vegetatie mee in kaart te brengen. In het stedelijk gebied ligt de meerwaarde vooral bij de classificatie van groen binnen de Top10vector klassen *overig grondgebruik* en *bebouwing*.
- In de onderzochte wijken van Almere en Utrecht laten geclassificeerde luchtfoto's ruim 15% meer groen zien dan de topografische kaart. Dit groen is vooral kleinschalig groen in tuinen en op binnenplaatsen.
- De inventarisatie van stedelijk groen binnen de geselecteerde klassen met behulp van luchtfotoclassificatie kost ongeveer € 0,22 per ha (ex datakosten) bij verwerking voor de G8 (Acht grootste gemeenten). Bij verwerking van grotere gebieden zullen de kosten per hectare lager uitvallen omdat het opzetten van de geautomatiseerde procedure slechts eenmalig uitgevoerd hoeft te worden.
- De basisclassificatie is niet direct geschikt voor monitoring van veranderingen. In de luchtfoto's liggen boomkronen door het effect van relatieve verplaatsing niet altijd op exact dezelfde locatie. Aggregatie van de gegevens op buurniveau of in een regelmatig grid kan dit wellicht ondervangen.
- De methode heeft ook meerwaarde voor het landelijk gebied, met name waar het gaat om begroeiing in de Top10vector klasse *overig grondgebruik* (de erven). Binnen het studiegebied Nationaal Landschap Het Groene Woud blijkt gemiddeld 50% van de erven begroeid.
- Voor de inventarisatie van perceelsrandbegroeiing met behulp van automatische classificatie van digitale luchtfoto's heeft de gehanteerde methode geen meerwaarde. Mogelijk kan het gebruik van aanvullende informatie van het Actueel Hoogtebestand Nederland (AHN) dit verbeteren.

Aanbevelingen naar aanleiding van dit onderzoek

- Onderzoek in verband met de mogelijkheden voor monitoring de stabiliteit van de automatische classificatie in stedelijk gebied door een vergelijking van een classificatie uit 2006 en 2008 in een deel van Almere.
- Onderzoek de mogelijkheden om opgaande begroeiing in het landelijk gebied te classificeren op basis van de combinatie luchtfoto en AHN LIDAR punten.

1 Inleiding

Probleemsituatie en achtergrond

Het monitoringonderzoek heeft tot nu toe inzicht gegeven in de bruikbaarheid van landelijke databestanden voor monitoringdoeleinden. Daaruit blijkt dat landelijke databestanden goed bruikbaar zijn om verschillende trends in het landschap in beeld te brengen (Boersma & Kuiper, 2006). Er zijn echter ook tekortkomingen. Met name veranderingen van kleine landschapselementen en het groen in bebouwd gebied kunnen onvoldoende met landelijke databestanden in beeld worden gebracht omdat de kwaliteit van de landelijke databestanden daarin tekort schiet.

In Top10vector wordt bijvoorbeeld beplanting rondom bebouwing in het landelijke gebied (erfbeplanting) niet opgenomen. Groene landschapselementen in het landelijke gebied worden veelal cartografisch opgenomen. Niet elke boom wordt afzonderlijk gekarteerd; staan er vijf bomen op een rij dan kan dit cartografisch met twee of drie boomstipjes afgebeeld worden (en op deze wijze in Top10vector opgenomen zijn). Ook kan een groen landschapselement uit Top10vector verdwijnen omdat deze niet meer aan de definitie voldoet zonder dat deze in werkelijkheid volledig verdwenen is. Dit speelt bijvoorbeeld bij bomenrijen, deze moeten volgens de definitie minimaal 100 meter lang zijn. Wordt een bomenrij met een lengte van 500 meter op een of meerdere plaatsen onderbroken waarbij de afzonderlijke delen niet meer 100 meter lang zijn dan kan de gehele bomenrij uit Top10vector verdwijnen. Deze groene elementen zijn in het landelijk gebied echter wel een kernkwaliteit voor het landschapsbeleid. Het is daarom belangrijk dat de informatie in landelijke bestanden goed overeenkomt met de werkelijkheid.

Groene elementen in bebouwd gebied zijn belangrijk voor de beleving van groen en de leefomgevingskwaliteit. Onder andere uit de Belevingswaardemonitor (Crommentuijn *et al.*, 2007) blijkt dat kleine groene elementen zoals straatbomen, perken, tuinen en groenstroken van groter belang zijn voor de waardering van stedelijk groen en de leefomgeving dan parken en bosgebieden op grotere afstand van de woning. Daarnaast wordt in de Nota Ruimte voor nieuwbouwlocaties een richtgetal gegeven van 75 m² groen per woning. In Top10vector en Bestand Bodemgebruik (BBG) wordt beplanting in bebouwd gebied (straatbomen) maar ook tuinbeplanting (bosschages en gras) niet opgenomen. Alleen grote parken en sportvelden worden in Top10vector en BBG opgenomen.

Voor het project 'Duurzame Stad' van het Planbureau voor de Leefomgeving (PBL) wordt onder andere gekeken naar de ruimtelijke inpasbaarheid van de beleidsopgaven voor wonen, groen en milieukwaliteit binnen de contouren van het stedelijke gebied. Het dominante schaalniveau is dat van wijken en buurten, waarbij analyses en uitspraken in principe worden gedaan voor heel Nederland. Voor Duurzame Stad is een ruimtelijke detaillering en classificatie van het groen gewenst die de huidige data voor groen niet bieden. Van belang is om de verbeteringen qua detaillering en classificatie te laten aansluiten op de bevindingen uit het belevingsonderzoek. Uit dit onderzoek (Crommentuijn *et al.*, 2007) komt naar voren dat ook relatief kleine percelen (groenstrookjes) en het soort en de kwaliteit van het groen van belang zijn.

Er is daarom behoefte aan aanvullende technieken om het groen in zowel bebouwd gebied als het landelijk gebied te registreren. De technische ontwikkelingen op het gebied van remote sensing, en met name die rond de inzet van 'eCognition technieken' voor patroonherkenning,

lijken veel perspectief te bieden voor het hoogfrequent langs geautomatiseerde weg monitoren van elementen in het landschap en groen in bebouwd gebied waarvoor geen landsdekkende databestanden bestaan. In 2005 is deze methode al eens toegepast op hoge-resolutie satellietbeelden van Eindhoven (Snep *et al.*, 2005). Sindsdien zijn de methoden voor patroonherkenning verder ontwikkeld en zijn ook luchtfoto's voor heel Nederland beschikbaar. Dit biedt meer mogelijkheden voor het gedetailleerd in kaart brengen van het groen.

Een voorwaarde is wel dat landsdekkend gedetailleerde luchtfoto's inclusief infrarode band beschikbaar moeten zijn. Deze zijn voor 2006 en 2008 beschikbaar. Ook voor de toekomst is te verwachten dat voor heel Nederland (twee-)jaarlijkse luchtfoto's beschikbaar komen.

Projectdoelstelling

Het doel van het project is:

Het ontwikkelen van een methode om landsdekkend informatie over kleine groene landschapselementen in het landelijke gebied en over het groen in de stad c.q. bebouwd gebied te verzamelen.

Het project moet ook inzicht verschaffen in de meerwaarde die een dergelijke classificatie heeft in vergelijking met benodigde tijd die noodzakelijk is voor een landsdekkende uitvoering en de kosten hiervan.

Leeswijzer

Hoofdstuk 2 geeft informatie over de beschikbare digitale luchtfoto-dataset (hierna steeds foto genoemd) en over het classificatieproces. Ook worden de studiegebieden beschreven.

Hoofdstuk 3 geeft de resultaten van de groenclassificatie voor de studiegebieden en laat zien hoeveel groen met behulp van dit classificatieproces aan bestaande geodata als Top10vector of het Bestand Bodem Gebruik (BBG) toegevoegd kan worden.

In hoofdstuk 4 wordt de invloed van de kwaliteit van de luchtfoto op het classificatieproces besproken en wordt de geschiktheid van de methode toegelicht.

Conclusies en aanbevelingen volgen in hoofdstuk 5.

2 Materiaal en methode, en studiegebieden

2.1 Brondata: luchtfoto 2006

De beschikbare digitale luchtfoto is vervaardigd door de firma Aerodata. De digitale foto bevat vier spectrale banden: blauw, groen en rood (het zichtbare licht) en het nabij-infrarood. De digitale luchtfoto kan als een gewone kleurenfoto weergegeven worden maar ook als een false-color foto (figuur 1). Voor deze laatste worden de spectrale banden groen, rood en nabij-infrarood gebruikt. Het kenmerkende voor een false-color weergave is dat vegetatie met een rode kleur weergegeven wordt.

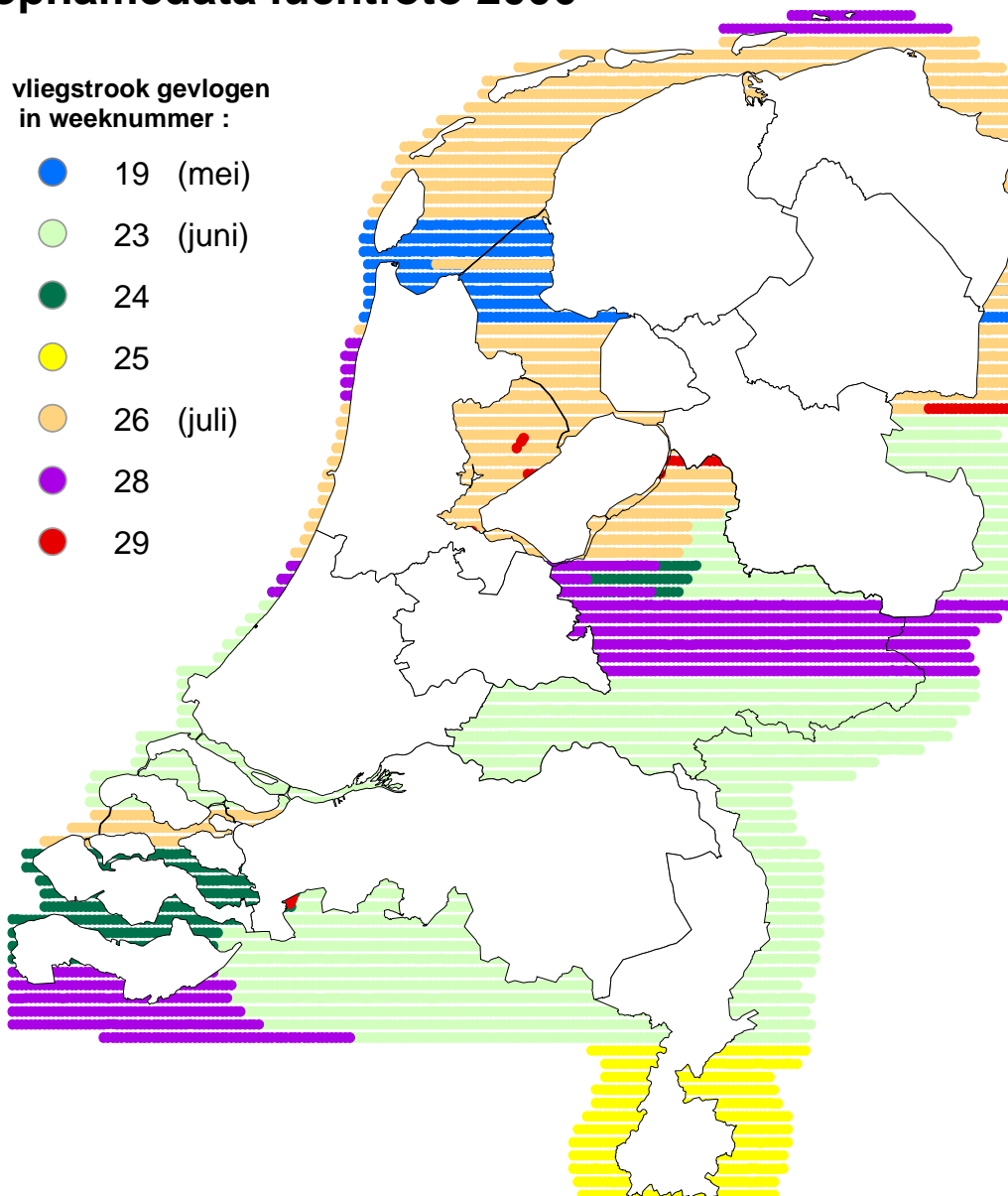


Figuur 1: Foto van Almere, weergegeven als kleurenfoto (links) en als false-color foto (rechts)

De nabij-infrarode band is vooral van belang tijdens het classificatieproces op de computer, dit is een belangrijke bron van informatie voor het herkennen van vegetatie. Het ruimtelijk detail (de pixel grootte) van de digitale foto is 50 cm. De foto is in de periode mei - juli 2006 opgenomen, zie Figuur 2 voor een gedetailleerd overzicht.

De foto is beschikbaar als een 'mosaic' voor heel Nederland. De mosaic is opgeslagen in 3348 afzonderlijke bestanden, dit worden tegels genoemd. Elke tegel beslaat een gebied van 4 bij 4 kilometer. Eén tegel kan uit meerdere opnamen bestaan, dit is afhankelijk van de exacte grenzen van de opnamevluchten. Bij het samenvoegen van verschillende opnamen is getracht om de kleuren van de verschillende opnames op elkaar af te stemmen. Door het verschil in zonlicht is een luchtfoto die 's ochtends gemaakt anders van kleur dan een luchtfoto die rond het middaguur of laat in de middag opgenomen is. Het kleurverschil wordt nog groter als er ook een verschil in de opnamedatum is. Door de ontwikkeling van de vegetatie ziet een foto die in mei is opgenomen er anders uit dan een foto die in juli is opgenomen.

opnamedata luchtfoto 2006



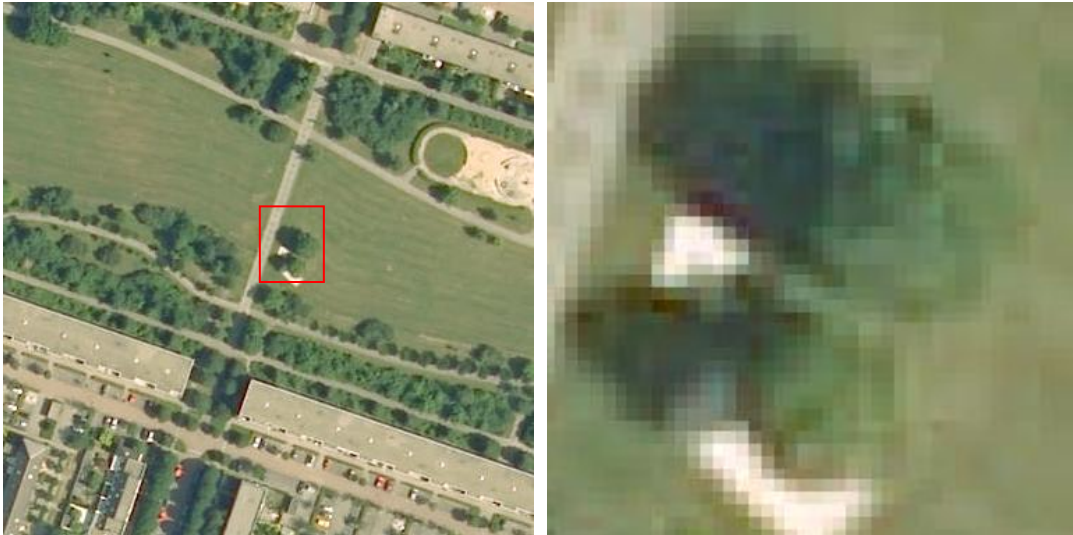
Figuur 2: Opnamedata luchtfoto 2006

2.2 Van foto naar informatie

Op de luchtfoto in figuur 3 zijn de groene objecten als bomen en bomenrijen duidelijk te herkennen. Het visueel herkennen van deze objecten in de foto is eenvoudig maar ze zijn niet als zodanig in de luchtfoto opgenomen. Om dit object uit de luchtfoto als informatie vast te leggen moet de foto bewerkt worden. In deze paragraaf wordt ingegaan op hoe dit proces er uit ziet en worden een aantal factoren genoemd die dit proces kunnen verstoren.

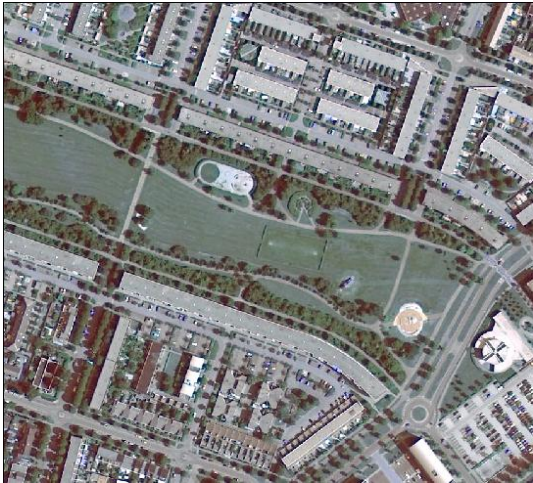
Proces fotobewerking

Een luchtfoto is niets anders dan een losse verzameling beeldpunten met elk hun eigen kleur. Dit wordt duidelijk als de luchtfoto in detail wordt bekeken. Als de luchtfoto uitvergroot wordt, worden de afzonderlijke beeldpunten zichtbaar waaruit de foto is opgebouwd. Eén beeldpunt van de gebruikte luchtfoto bevat alleen informatie over een stukje van een halve bij een halve meter van het aardoppervlak. De relatie met de omgeving ontbreekt volledig. Nu zijn de objecten die eerst goed herkenbaar waren niet meer als zodanig te herkennen.



Figuur 3 : Herkenbaarheid van bomen op de luchtfoto. Links zijn bomen duidelijk te herkennen. Rechts is de boom niet meer duidelijk te herkennen, de boom wordt gevormd door een verzameling beeldpunten met verschillende groentinten.

Door gebruik te maken van diverse beeldverwerkingstechnieken is het wel mogelijk om informatie over kleine groene landschapselementen uit een luchtfoto vast te leggen. Met behulp van een vegetatie-index, de NDVI (Lillesand and Kieffer, 2004), kan het onderscheid gemaakt worden tussen onbegroeide en begroeide locaties in de luchtfoto. Dit vereist wel dat voor de luchtfoto ook de beeldinformatie in het infrarood opgenomen is. Hiermee worden de locaties vastgelegd waar vegetatie voorkomt. Met de huidige generatie digitale luchtfotocamera's kan deze infrarood opname eenvoudig gemaakt worden maar het is afhankelijk van de opdrachtgever of dit ook daadwerkelijk uitgevoerd wordt. Met behulp van patroonherkenning software (eCognition, ENVI Feature Extraction, zie weblinks bij Literatuur op p. 41) kunnen patronen die zichtbaar zijn in een luchtfoto herkend en vastgelegd worden. Dit maakt het mogelijk om bijvoorbeeld omgrenzing van wegen, vijvers, gebouwen, boomkronen, grasvelden en andere op het oog herkenbare objecten ook met behulp van de computer vast te leggen. Een object is hierbij een verzameling van beeldpunten die aan bepaalde criteria voor kleur en homogeniteit voldoen. In elk object wordt informatie opgeslagen over onder andere de gemiddelde kleur, de vorm, homogeniteit, contrast en helderheid. Op basis van deze informatie kan bepaald worden tot welk type (water, gras, boom, gebouw, e.d.) het object behoort. figuur 4 geeft een voorbeeld van de mogelijkheden van een luchtfoto met infrarood informatie, de vegetatie-index en mogelijke objecten die patroonherkenning software kan vinden.



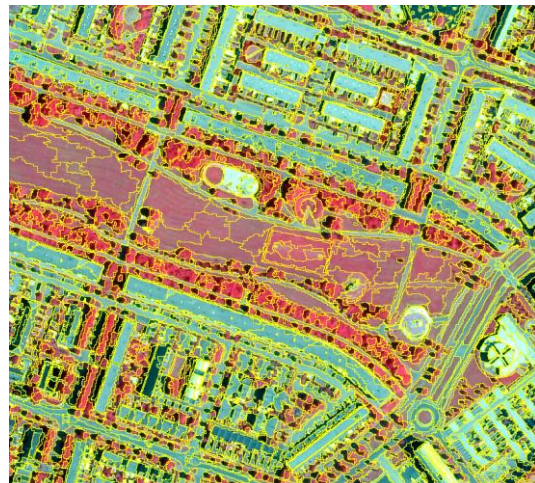
Luchtfoto met echte kleuren.



False-color luchtfoto waarbij vegetatie in rood afgebeeld wordt. Dit is de kleurinformatie van het infrarood.



Vegetatie-index weergegeven in grijs tinten met een indeling van donker (geen vegetatie) naar licht (wel vegetatie). Het omslagpunt tussen wel of geen vegetatie moet visueel met behulp van de luchtfoto bepaald worden. Alle grijswaarden boven het omslagpunt geven locaties met vegetatie weer, grijswaarden onder het omslagpunt zijn de locaties waar geen vegetatie voorkomt.



False-color luchtfoto met in het geel de grenzen van objecten die met patroonherkenning software bepaald zijn. De objecten komen nog niet overeen met echte objecten als een boomkroon of grasveld. Hiervoor moet eerst een classificatie uitgevoerd worden waarna objecten met dezelfde klasse samengevoegd kunnen worden.

Figuur 4: Luchtfoto met infra-rood, vegetatie-index en objectgrenzen

Beeldkwaliteit van de luchtfoto mosaic

De kwaliteit van de luchtfoto is van grote invloed op het segmentatie- en classificatieproces. In het beschikbare mosaic van 2006 komen veel kleurverschillen voor. Deels wordt dit veroorzaakt door een verschil in opnamedatum of -tijdstip maar ook binnen tegels die opgebouwd zijn uit foto's uit dezelfde opnamevlucht komen grote kleurverschillen voor. Figuur 5 toont een voorbeeld uit Utrecht; de getoonde tegel is samengesteld uit zes verschillende

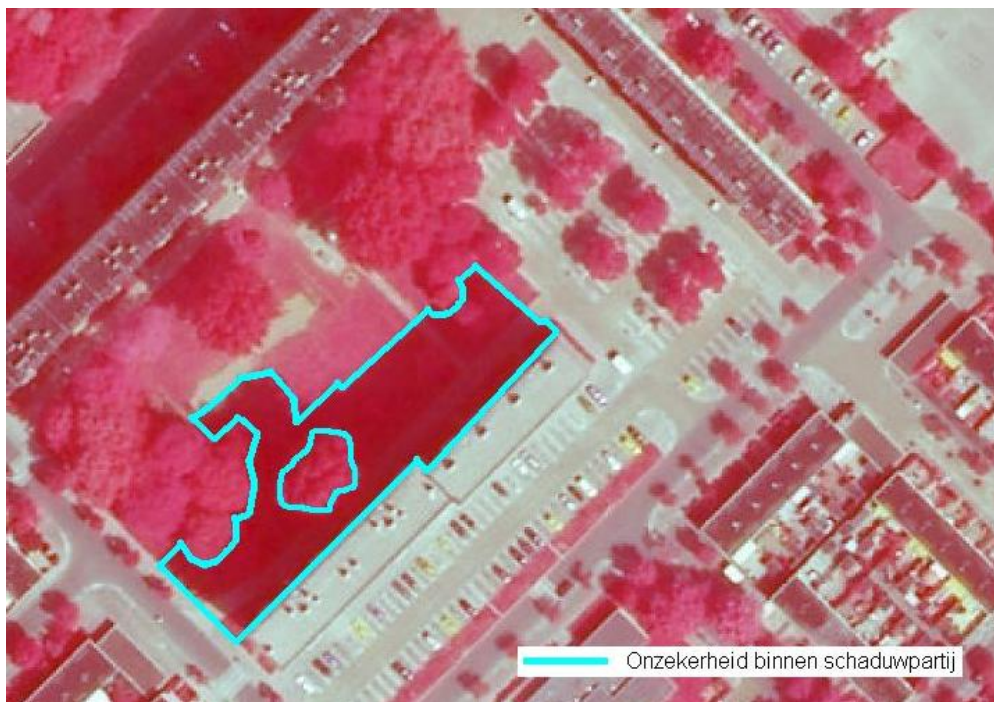
foto's uit twee vluchtstroken. De opnamedatum van beide stroken is 09-06-2006, de bovenste vluchtstrook is opgenomen rond 9.30 uur, de onderste rond 10 uur. Tijdens het vervaardigen van de mosaic zijn echter grote kleurverschillen in de mosaic ontstaan, de reden hiervoor is niet bekend maar het is onwaarschijnlijk dat de opname datum en tijdstip hiervan de oorzaak zijn. Aangezien de originele luchtfoto's niet beschikbaar zijn, is het niet mogelijk om de mosaic aan te passen. Dit soort kleurverschillen heeft echter wel tot gevolg dat het segmentatie- en classificatieproces niet goed geautomatiseerd kunnen worden. De tegel moet voor bewerking eerst opgedeeld worden in gebieden waarvoor de kleuren homogeen zijn en elk afzonderlijk deel moet apart verwerkt worden. Dit is zeer tijdrovend.



Figuur 5: Tegel met kleurverschil

Schaduw

Een andere bron van kleurverschil in de foto wordt veroorzaakt door de schaduw van hoge objecten als gebouwen en bomen. Figuur 6 toont een voorbeeld van de schaduw van een flat die het achtergelegen gebied bedekt. Hierdoor ontstaat een donkere plek op het maaiveld en is niet meer te zien of deze bedekt is met gras of bestrating. Een enkele boomkroon is wel zichtbaar, deze is te hoog om door de schaduw bedekt te worden. De schaduwpartij kan wel geïdentificeerd worden maar met een lage nauwkeurigheid.



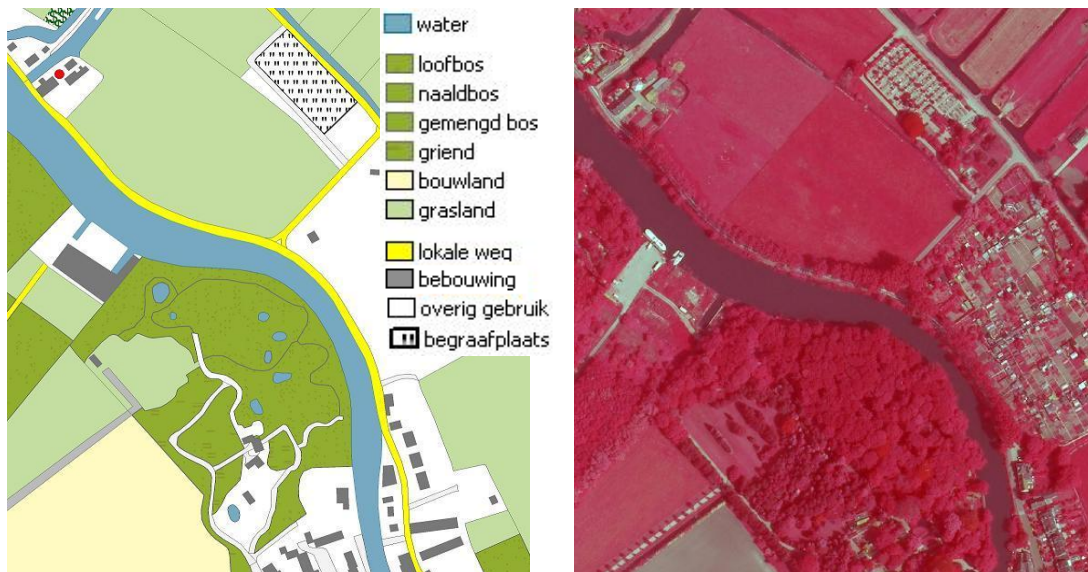
Figuur 6: Onzekerheid binnen schaduwpartij

Naast de beeldkwaliteit is ook de aard van de te classificeren objecten en de definitie van deze objecten een factor die een belangrijke rol speelt bij het classificeren van luchtfoto's. Dit wordt vooral duidelijk als de luchtfoto vergeleken wordt met bestaande geo-informatie als de digitale topografische kaart, de Top10vector. Top10vector bevat informatie over topografische objecten op maaiveldniveau terwijl de luchtfoto informatie bevat van de bovenkant van objecten. Een (grote) boomkroon bedekt de onderliggende informatie. Een weg met naastliggende bomen kan hierdoor volledig onzichtbaar zijn en kan hierdoor niet vanuit de luchtfoto geïdentificeerd worden (figuur 7). Dit is eventueel wel mogelijk met luchtfoto's die opgenomen zijn in een periode waarbij geen blad aan de boom zit maar die luchtfoto's zijn dan weer niet geschikt voor de classificatie van vegetatie.

Ook bij het object water komt hetzelfde probleem voor. Kleine wateroppervlakten in bebost gebied kunnen volledig bedekt worden door overhangende boomkronen en bij waterlopen is het niet mogelijk om de exacte rand van de waterloop vast te stellen als er bomen langs de waterkant staan. Ook kan het voorkomen dat er vegetatie in het water drijft, dit zal bij een classificatie van de luchtfoto als de vegetatie geïdentificeerd worden en niet als water. Dit heeft tot gevolg dat het object waterloop niet goed geïdentificeerd kan worden. Dit speelt zowel in het stedelijk als landelijk gebied.

2.3 Classificatieprocedure

Openbaar groen zoals grasvelden (agrarisch, natuur en recreatief) en bossen zijn goed opgenomen in de Top10vector. Er ontbreekt echter informatie over het groen als dit particulier groen betreft (bijv. gazons en bomen in particuliere tuinen) en worden bomen en bomenrijen niet als vlak maar als punt- of lijnsymbool in Top10vector opgenomen, met enige mate van generalisatie. Ook zijn niet alle bomen en bomenrijen in de Top10vector opgenomen.



Figuur 7: Verschil in weergaven tussen Top10 en werkelijkheid / Luchtfoto. De begroeiing volgt geen strakke lijn langs het water en de gele weg gaat deels schuil onder boomkronen.

De classificatieprocedure richt zich op het invullen van deze ontbrekende informatie. De resultaten van de classificatieprocedure worden in de steden en op de erven in het landelijk gebied alleen voor het gebied dat binnen Top10vector klasse *overig grondgebruik* en *bebouwing* valt gebruikt. In figuur 7 zijn dit de witte en donkergrijze vlakken in de Top10vector. In de foto is duidelijk te zien dat zich binnen deze vlakken veel groen voorkomt.

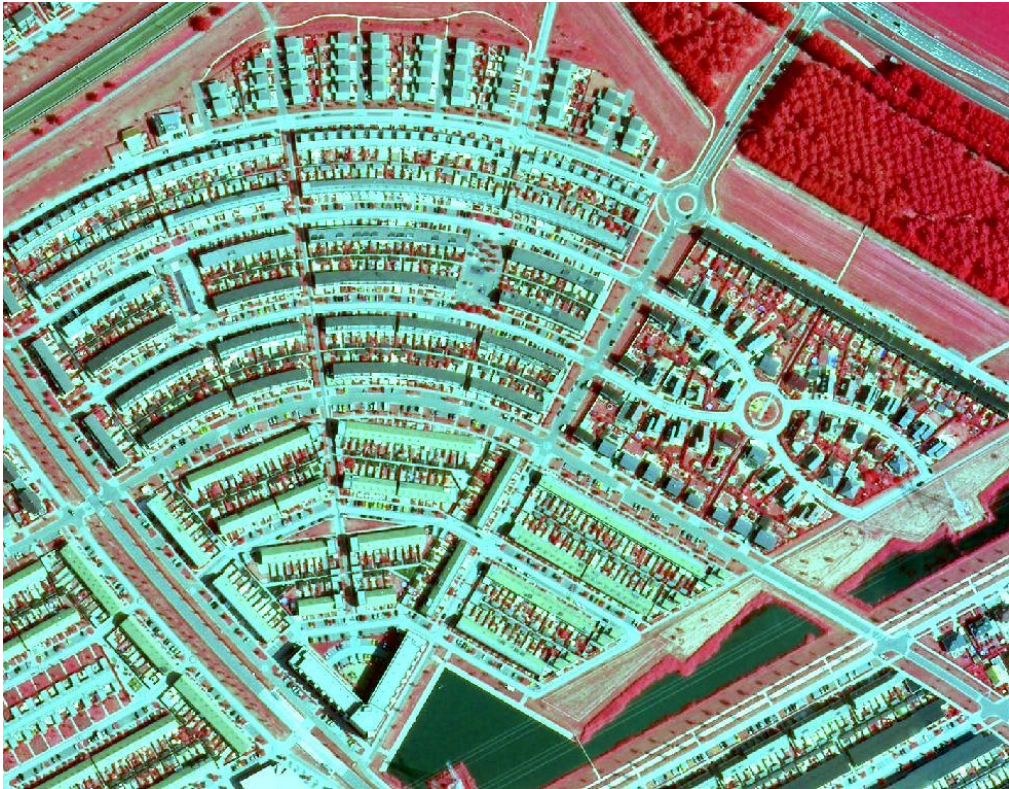
Voor de classificatie van opgaand groen in het landelijk gebied richt de procedure zich op de grenzen tussen percelen uit Top10vector. Hiervoor is gekozen om de procedure voor de vorming van de opgaande elementen te vereenvoudigen. Het is eenvoudiger om de classificatieresultaten aan bestaande lijnen (de perceelgrenzen) te koppelen dan om deze alleen uit de resultaten de vormen. Hierbij is er ook vanuit gegaan dat het merendeel van de opgaande groene elementen zich langs de perceelgrenzen bevinden waarmee toch het merendeel van de opgaande groene elementen geclassificeerd wordt.

2.4 Studiegebieden

2.4.1 Groen in het stedelijk gebied: Almere en Utrecht

Almere is een voorbeeld van een nieuwe stad. De oudste delen bestaan ruim 30 jaar en er worden nog steeds wijken bijgebouwd. Het groen in de stad bestaat uit parken, bomen en bomenlanen en vele kleine oppervlaktes groen in de woonwijken met zowel gras als bomen en struiken. Er komen relatief veel jonge bomen voor. Figuur 8 geeft een voorbeeld van het groen (zowel grasvelden als bomen) dat binnen de stedelijke omgeving voorkomt.

Utrecht is een voorbeeld van een oude stad. Het groen in de stad bestaat uit parken, bomen en bomenlanen. In het stadscentrum bestaat het groen vooral uit bomen die volop ontwikkeld zijn. Er komen wijken voor met veel groen maar ook met heel weinig groen. Maar het groen dat wel aanwezig is is over het algemeen volop ontwikkeld en dus goed te detecteren. Figuur 9 geeft een voorbeeld van het groen (zowel grasvelden als bomen) dat binnen de stedelijke omgeving voorkomt.



Figuur 8: Infrarood opname met een voorbeeld van groen in Almere



Figuur 9: Infrarood opname met een voorbeeld van groen in de binnenstad van Utrecht

2.4.2 Opgaand groen in het landelijk gebied: Nationaal Landschap Het Groene Woud

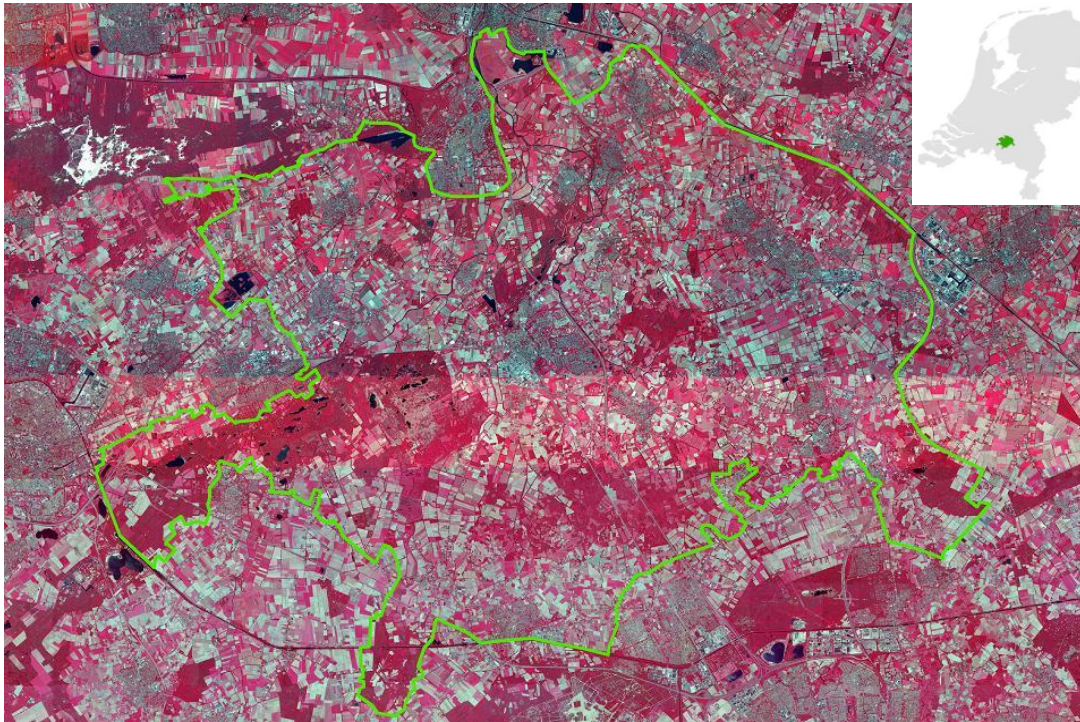
Het Nationaal Landschap Het Groene Woud is gelegen in Noord-Brabant en ligt tussen Tilburg, Eindhoven en Den Bosch.

Karakteristieken van Het Groene Woud (internet link www.hetgroenewoud.com):

- het groene karakter;
- de kleinschalige openheid;
- samenhangend complex van beken, bolle akkers, kampen, bossen en heide.

Een groot deel van het gebied bestaat uit aaneengesloten landbouwpercelen waarbij tussen de percelen karakteristieke landschapselementen zoals populieren voorkomen. De opgaande landschapselementen zijn in de Top10vector niet volledig opgenomen. Dit soort elementen is echter zeer karakteristiek in het landschap.

De kwaliteit van de luchtfoto voor dit gebied is wisselend, in figuur 10 zijn drie verschillende stroken met ieder hun eigen kleureigenschappen waarneembaar. Dit betekent dat de classificatieprocedure voor elk van deze stroken afzonderlijk bijgesteld moet worden.



Figuur 10: Nationaal Landschap Het Groene Woud

3 Resultaten

3.1 Groen in Almere

Een visuele indruk van de toegevoegde waarde van de groenclassificatie met behulp van luchtfoto's wordt gegeven in figuur 11.



Figuur 11: Top10vector voor deelgebied Almere met en zonder groen uit luchtfoto

Het groen uit de luchtfoto wordt in figuur 11 alleen voor de Top10vector klassen *overig grondgebruik* en *bebouwing* weergegeven. In het stedelijk gebied betreft de klasse *overig grondgebruik* veelal de terreinen rondom gebouwen. Binnen de klasse *bebouwing* kunnen ook

open plekken met groen voorkomen. Om de visuele vergelijking goed te kunnen maken, zijn in figuur 11 ook de Top10 klasse *bomen* en *bomenrijen* afgebeeld. Deze vallen vrijwel geheel samen met de Top10 klasse *gras*. Deze klassen zijn als punt of lijnobject in de Top10vector opgenomen en hebben hierdoor geen oppervlakte. Ze zijn in de oppervlakteberekeningen van Tabel 1 niet meegenomen.

Om een totaalindruk van de oppervlakte groen te krijgen dat met de luchtfotoclassificatie toegevoegd wordt, is de oppervlakte groen van de Top10 en de luchtfotoclassificatie per wijk/buurt opgeteld. Hiervoor is een selectie van een aantal woonwijken in Almere gemaakt. Een korte samenvatting van de cijfers wordt gegeven in Tabel 1. De volledige tabel met informatie staat in bijlage 1.

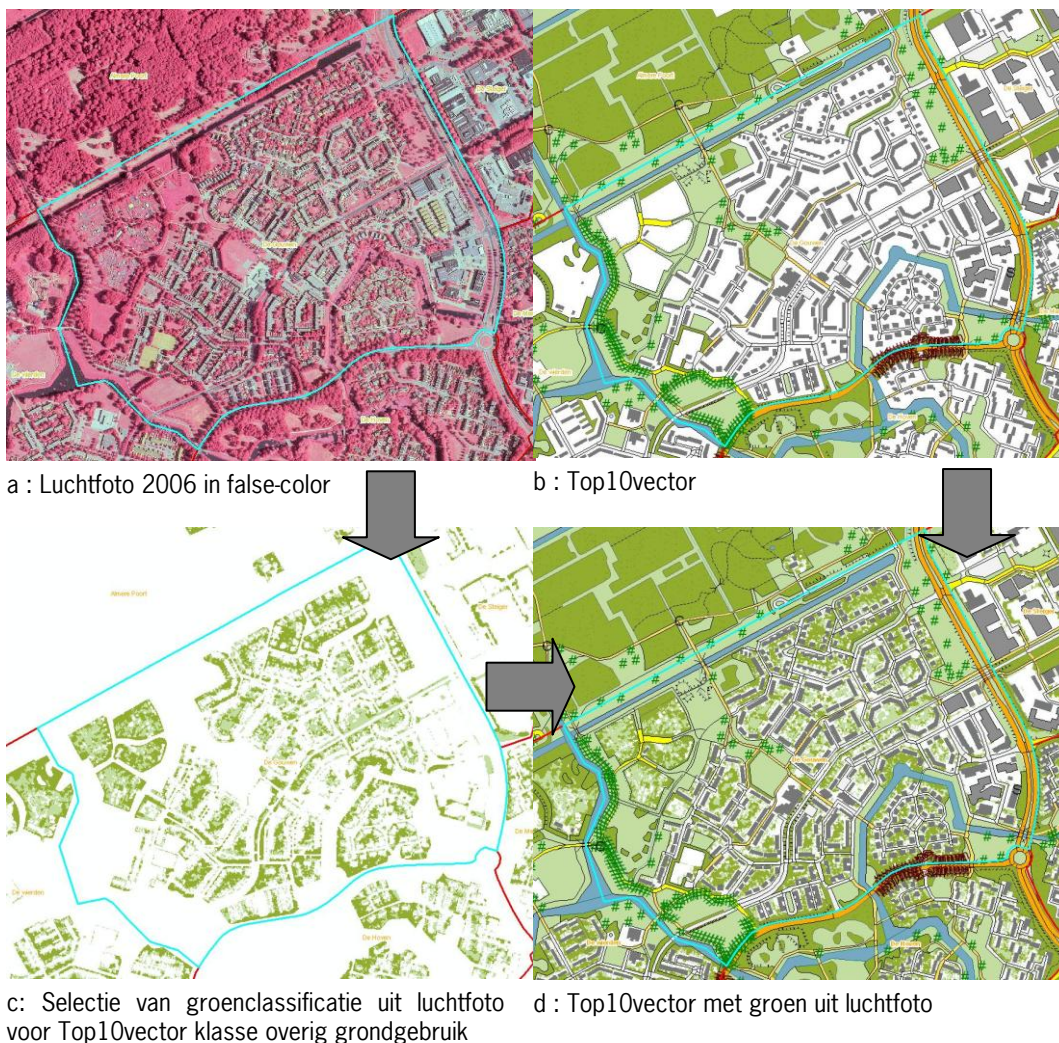
Tabel 1: Samenvatting van oppervlakte groen per wijk/buurt in Almere

Wijk/buurt Oppervlakte (ha)	Totaal van geselecteerde wijken/ buurten in Almere	Filmwijk (grootste toegenomen oppervlakte)	De Gouwen (grootste procentuele toename)	Hollandsekant (kleinste toename)
Totale oppervlakte	4875.5	204.5	73.9	42.9
Oppervlakte groen uit Top10vector	1586.5	55.0	21.1	15.0
Totale oppervlakte groen uit Top10vector en luchtfotoclassificatie	2346.5	89.1	40.3	16.2
Toegevoegd groen uit luchtfotoclassificatie	760.0 ha 15.6%	34.1 ha 16.7%	19.2 ha 26.0%	1.2 ha 2.8%

Toelichting bij de tekst in de rijen :

- **De totale oppervlakte** is de totale oppervlakte van de wijk.
- **De totale oppervlakte groen uit Top10vector** is de totale oppervlakte van de groene klassen die in het vlakkenbestand van de Top10vector binnen de wijken voorkomen. Dit zijn de klassen *grasveld* en *bos*. Bomen en bomenrijen zijn in de Top10vector als symbolen opgenomen en hebben geen oppervlakte. Deze zijn dan ook niet in de tabel opgenomen. Een afbeelding hiervan staat in figuur 12b.
- **De totale oppervlakte groen uit Top10vector en luchtfotoclassificatie** (figuur 12d) is de optelsom van de oppervlakte groen uit de Top10vector (figuur 12b) met de oppervlakte groen uit de luchtfotoclassificatie dat binnen de Top10vector klassen *overig grondgebruik* en *bebouwing* voorkomt (figuur 12c). Het groen uit de luchtfotoclassificatie dat binnen de overige Top10vector klassen voorkomt (zoals *wegen*, *water*, *grasveld*, *bos*) is hier niet in opgenomen. De reden hiervoor is dat binnen de Top10vector klassen *grasveld* en *bos* volgens de luchtfotoclassificatie oppervlakte niet-groen voor kunnen komen. Dit is dan een seizoen effect, bijvoorbeeld kale plekken in een grasveld door verdroging. Er is voor gekozen om dit effect buiten de statistieken te houden. Bij de Top10vector klassen *water* en *wegen* is het groen uit de luchtfotoclassificatie afkomstig van bomenkronen die boven de genoemde klassen hangen. Bij het vastleggen van het grondgebruik in een GIS-database moet een keuze gemaakt worden welk type klasse in de 2D database opgenomen wordt. Bij de uitvoering van dit project is hierbij de keuze gemaakt om geen samengestelde klassen als 'weg met begroeiing' of 'water met begroeiing' te maken maar om het groen boven deze klassen niet op te nemen.

Met behulp van luchtfotoclassificatie wordt vooral het groen rondom gebouwen en uit tuinen aan het groen uit Top10 toegevoegd. Figuur 12 laat dit beeld zijn voor de wijk *De Gouwen*.



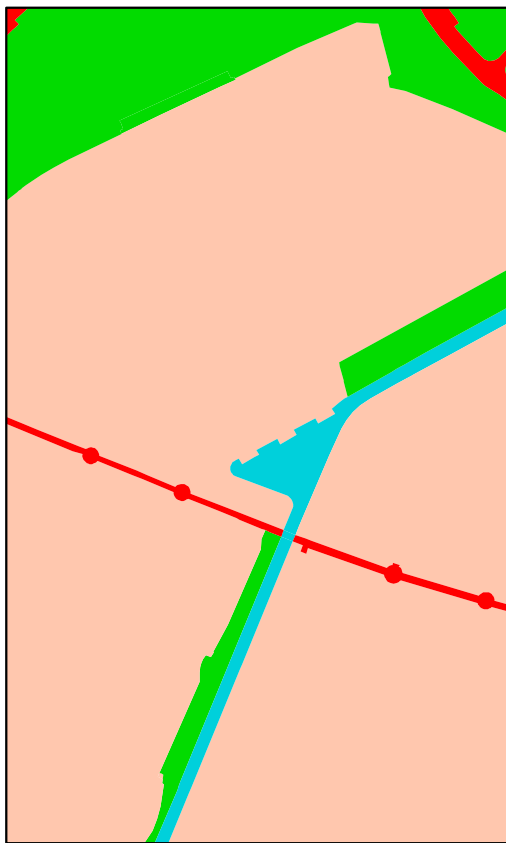
Figuur 12: voorbeeld groenclassificatie voor de wijk De Gouwen in Almere

In dit voorbeeld is er voor gekozen om alleen het groen binnen de Top10 klassen *overig grondgebied* en *bebouwing* te gebruiken. De groenclassificatie vanuit de luchtfoto beperkt zich echter niet tot deze selectie van klassen maar beslaat de gehele oppervlakte van Almere.

Naast Top10vector wordt ook het Bestand Bodem Gebruik (BBG) van het CBS gebruikt voor landsdekkende analyses voor groen in het stedelijk gebied. Figuur 13 geeft een visuele indruk van de toegevoegde waarde van de groenclassificatie met behulp van de luchtfoto ten opzichte van BBG2003. In dit voorbeeld is een andere selectie van het geclassificeerde groen gebruikt dan in figuur 11 omdat de definitie van de grondgebruiksklassen in het BBG anders is dan die in de Top10vector. Voor de vergelijking met BBG2003 is al het geclassificeerde groen dat binnen de BBG klasse *woongebied* valt geselecteerd. Dit geeft in vergelijking met Top10vector meer groen omdat nu ook onder andere het groen van de bomen boven de wegen meegenomen is.

Tabel 2 geeft een samenvatting van de oppervlakte groen dat met de luchtfotoclassificatie aan het BBG2003 toegevoegd wordt.

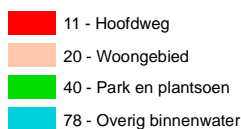
BBG2003



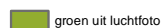
BBG2003 aangevuld met groen uit luchtfoto



legenda klassen BBG2003 voor uitsnede



groenclassificatie mbv luchtfoto



Figuur 13: Bestand Bodem Gebruik 2003 met en zonder groen uit luchtfoto

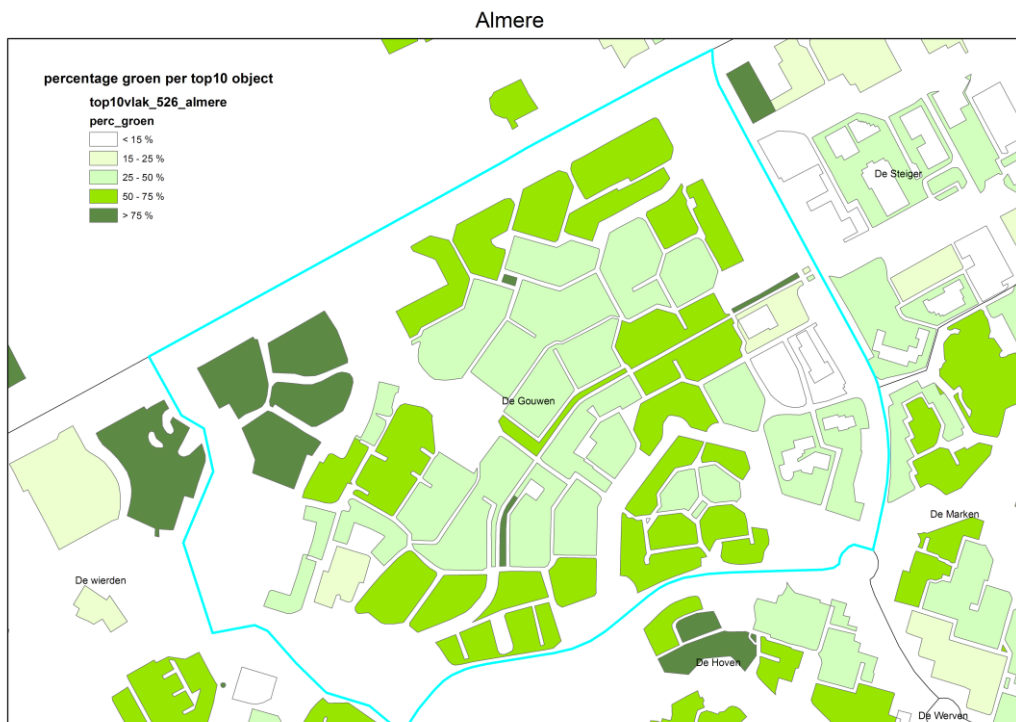
Tabel 2: Samenvatting van oppervlakte groen per wijk/ buurt in Almere in vergelijking met BBG2003. Zie voor een toelichting bij de tekst in de rijen de toelichting bij tabel 1.

Wijk/buurt	Totaal van geselecteerde wijken/ buurten in Almere	Filmwijk	De Gouwen	Hollandse-kant
Oppervlakte (ha)				
Totale oppervlakte	4875.5	204.5	73.9	42.9
Oppervlakte groen uit BBG2003	1337.1	40.2	20.1	10.3
Totale oppervlakte groen uit BBG2003 en luchtofotoclassificatie	2148.1	87.0	43.9	12.5
Toegevoegd groen uit luchtofotoclassificatie	811.0 ha 16.6 %	46.8 ha 22.9 %	23.8 ha 32.2 %	2.2 ha 5.1 %

3.2 Monitoring met groen in Almere

De resultaten van de groenclassificatie zijn niet in hun basisvorm geschikt voor monitoring. De keuze voor een methode van monitoring is ook nog niet gemaakt. In deze paragraaf worden twee methoden geschetst die gebruikt kunnen worden voor monitoring van het groen in het stedelijk gebied.

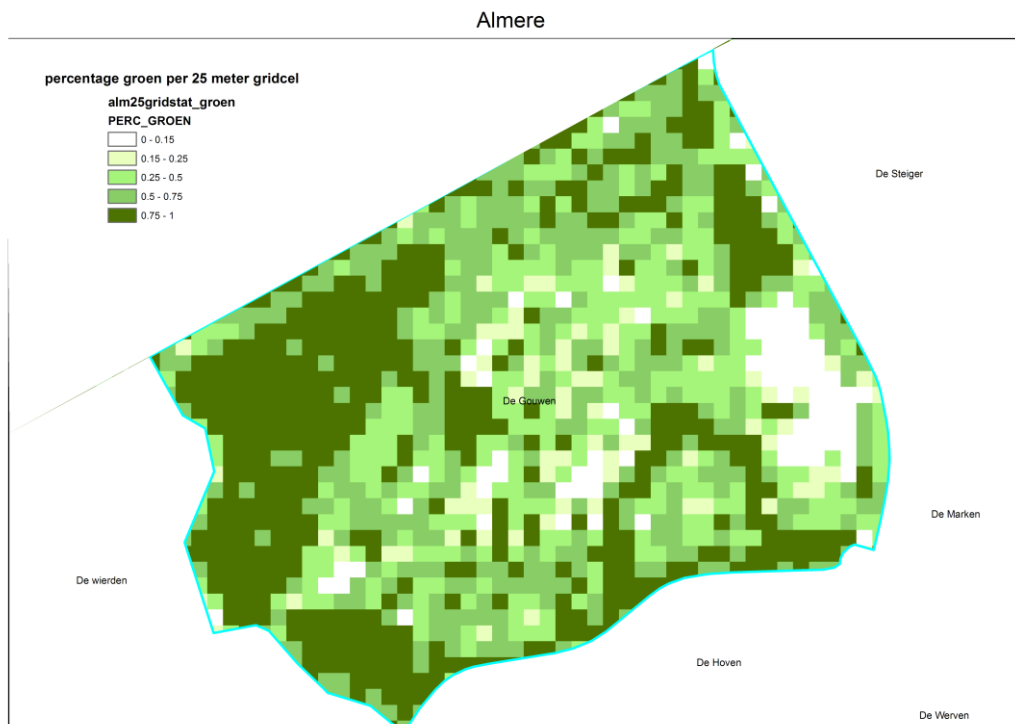
De eerste methode is het berekenen van het groenpercentage per topografisch basisobject. Hierbij worden de Top10vector vlakobjecten met de klasse *overig grondgebruik* gebruikt als basiseenheid voor monitoring. Per vlakobject wordt het percentage groen berekend waarbij de oppervlakte van eventueel binnen het vlak voorkomende huizen in mindering is gebracht. In figuur 14 is dit weergegeven waarbij de percentages in vijf klassen zijn ingedeeld.



Figuur 14: Groenpercentage per Top10 object voor de wijk De Gouwen

Een mogelijk nadeel van deze methode is dat de basiseenheid in de tijd kan veranderen. Als een Top10 vlak opgesplitst, samengevoegd of aangepast wordt verdwijnt de eenheid voor monitoring.

Een tweede methode is het berekenen van het groenpercentage per gridcel. Hiertoe wordt een monitoringsgrid met een vaste celgrootte van bijv. 5 of 25 meter aangemaakt. Voor iedere cel wordt vervolgens het percentage groen berekend. De basiseenheid blijft hierbij door de tijd heen onveranderd. In figuur 15 is dit weergegeven met een klasseindeling in vijf klassen.



Figuur 15: Groenpercentage per 25 meter gridcel voor de wijk De Gouwen

3.3 Groen in Utrecht

Figuur 16 geeft een voorbeeld van groen in een oude stad, hierin is een deel van de binnenstad van Utrecht afgebeeld. De luchtfoto van dit gebied is te zien in figuur 9.

In figuur 16 wordt al het groen uit de luchtfoto weergegeven, hierbij is geen selectie van groen binnen de Top10 klassen *overig grondgebruik* en *bebouwing* gemaakt zoals dit bij het voorbeeld van Almere in figuur 6 wel gedaan is. Hiervoor is gekozen omdat veel groen in de binnenstad juist langs (en boven) wegen en water voorkomt, dit zijn meestal grote bomen. De Top10vector laat voor dit deelgebied helemaal geen groen zien, er zijn geen losstaande bomen of bomenrijen gekarteerd. Ook is te zien dat de bebouwing als grote vlakken is gekarteerd. Binnen deze vlakken komt echter regelmatig groen voor, dit is zowel gras als bomen op de binnenplaatsen tussen de huizen. Een belangrijk deel van het groene karakter van de oude stad wordt gevormd door groen dat vanaf de openbare weg niet of slecht zichtbaar is (op de binnenplaatsen achter de huizen) of dat langs/boven de wegen en het water voorkomt.

Figuur 17 laat een drietal wijken buiten het centrum van Utrecht zien. Ook hier komt veel groen voor dat zich tussen en achter huizen bevindt.

Voor Utrecht zijn de resultaten van de groenclassificatie per wijk/buurt opgeteld waarbij dezelfde selectie als bij Almere van de oppervlakte groen binnen de Top10vector klassen *overig grondgebruik* en *bebouwing* toegepast is. Een korte samenvatting van de cijfers wordt gegeven in tabel 3. De volledige tabel met informatie staat in bijlage 2.

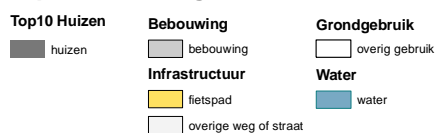
Top10 Vector



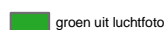
Top10 Vector aangevuld met groen uit luchtfoto



Top10 voor deelgebied Utrecht



groenclassificatie mbv luchtfoto



Figuur 16: Top10vector voor een deelgebied in Utrecht met en zonder groen uit de luchtfoto

Tabel 3 : Samenvatting van de oppervlakte groen per wijk/buurt in Utrecht. Zie voor een toelichting bij de tekst in de rijen de toelichting bij tabel 1.

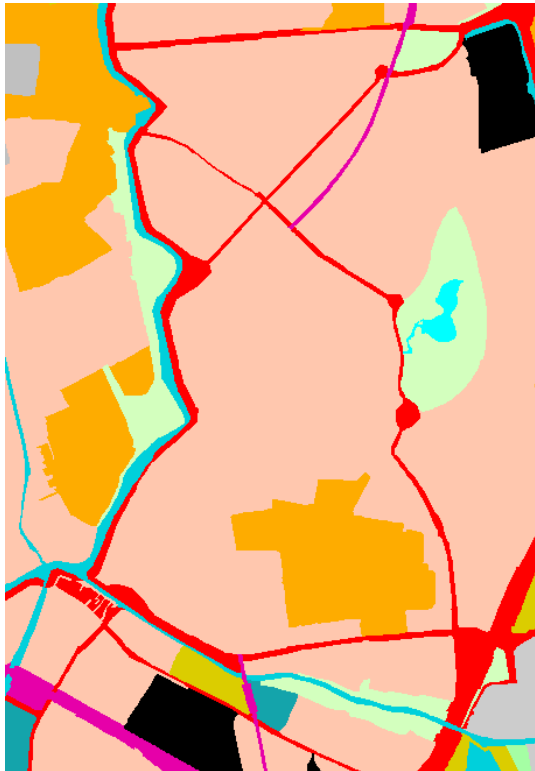
Wijk/buurt	Totaal van geselecteerde wijken/buurt in Utrecht	Maarschelkerwaard en Mereveld (grootste toegenomen oppervlakte)	Abstede (grootste procentuele toename)	Bleekstraat (kleinste toename)
Oppervlakte (ha)				
Totale oppervlakte	3768.4	241.8	12.0	5.3
Oppervlakte groen uit Top10vector	843.4	151.2	0.2	0.2
Totale oppervlakte groen uit Top10-vector en luchtfoto-classificatie	1195.3	169.3	3.1	0.6
Toegevoegd groen uit luchtfoto-classificatie	351.9 ha 9.3 %	18.2 ha 7.5 %	2.9 ha 24.1 %	0.4 ha 7.9 %



Figuur 17: Voorbeeld groenclassificatie in Utrecht

Figuur 18 geeft een visuele indruk van de toegevoegde waarde van de groenclassificatie met behulp van de luchtfoto ten opzichte van BBG2003. Duidelijk is te zien dat binnen de klassen *woongebied*, *sociaal-culturele voorziening* en *begraafplaats* veel groen voorkomt dat niet opgenomen is in de BBG2003 omdat dit niet binnen de definitie van de BBG2003 klassen past. Binnen de klasse *sportterreinen* (grijs vlak, rechts onder) wordt in de luchtfoto nauwelijks groen gevonden, dit is het gebied bij stadion Galgewaard waar zich voornamelijk gebouwen en verharde oppervlakten bevinden.

BBG2003



BBG2003 aangevuld met groen uit de luchtfoto



legendaklassen BBG2003 voor uitsnede

1 = VERKEER

- 10 - Spoorweg
- 11 - Hoofdweg

2 = BEBOUWD

- 20 - Woongebied
- 21 - Detailhandel en horeca
- 22 - Openbare voorziening
- 23 - Sociaal-culturele voorziening
- 24 - Bedrijfsterrein

3 = SEMI-BEBOUWD

- 32 - Begraafplaats

4 = RECREATIE

- 40 - Park en plantsoen
- 41 - Sportterrein
- 42 - Volkstuin

7 = Binnenwater

- 75 - Water met recreatieve functie
- 77 - Vloei- en/of slibveld
- 78 - Overig binnenwater

groenclassificatie mbv luchtfoto

- groen uit luchtfoto

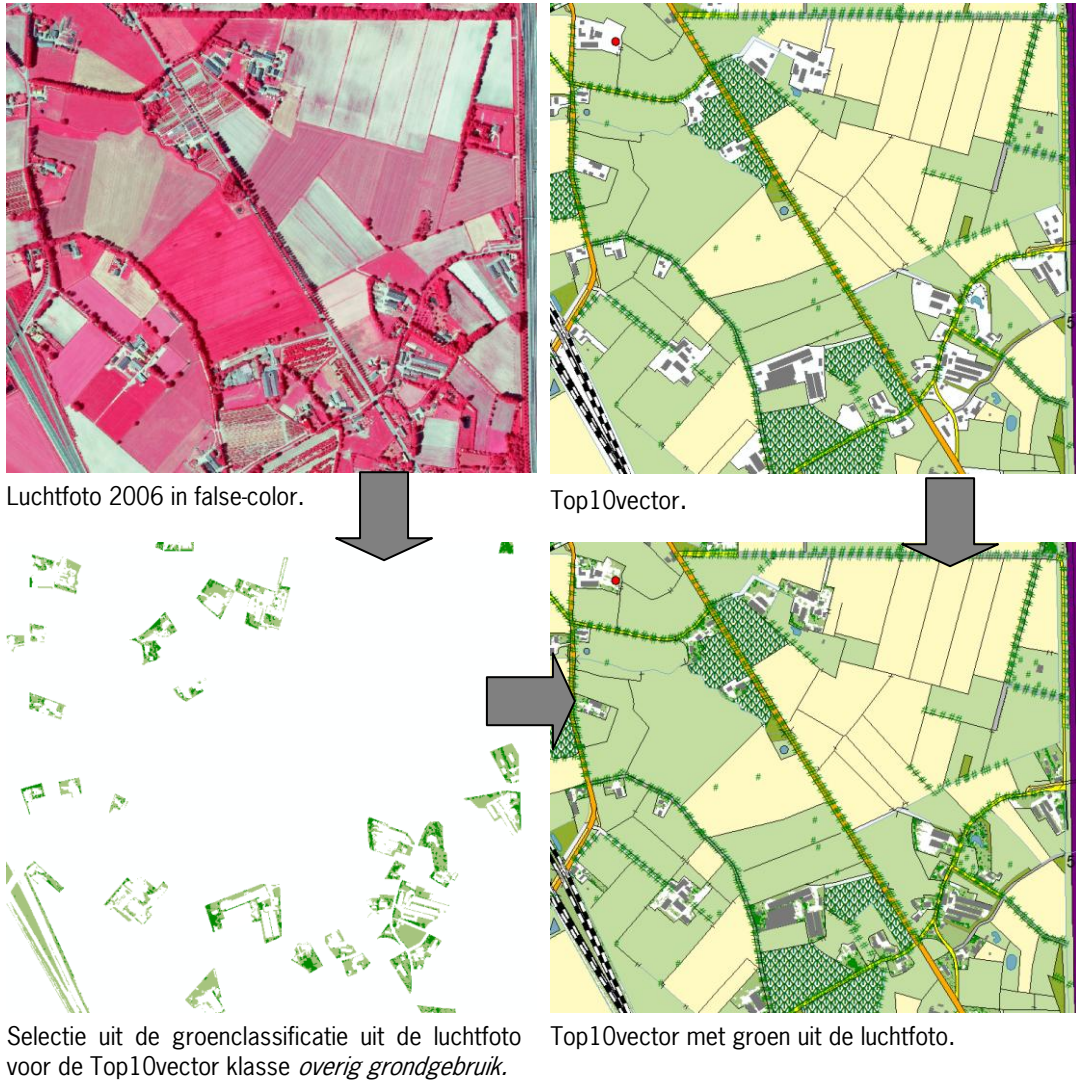
Figuur 18: Bestand Bodem Gebruik 2003 met en zonder groen uit luchtfoto

3.4 Groen in het landelijk gebied: Nationaal Landschap Het Groene Woud

In het studiegebied Nationaal Landschap Het Groene Woud is op twee verschillende manieren het groen in kaart gebracht. Het groen op de erven (de klasse *overig grondgebruik* uit Top10-vector) is op dezelfde manier toegevoegd als het groen in het stedelijk gebied. Daarnaast is opgaande begroeiing langs perceelgrenzen in kaart gebracht.

3.4.1 Erfbeplanting

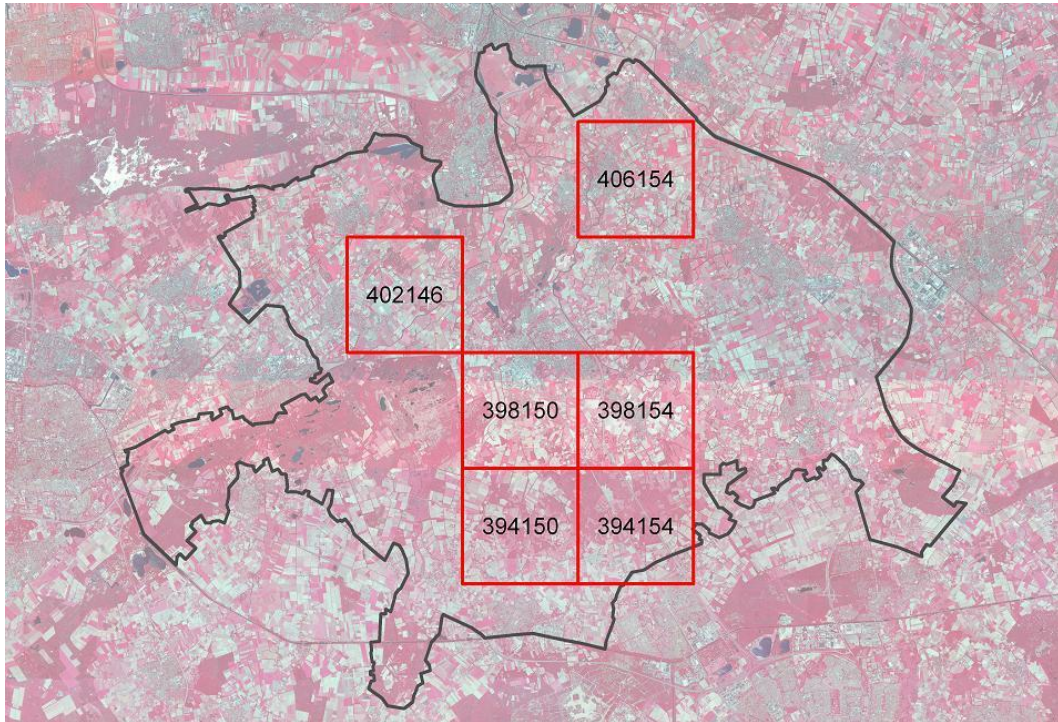
In de Top10vector wordt het groen dat zich op erven bevindt niet opgenomen terwijl in de luchtfoto in figuur 19 goed te zien is dat hier wel groen voorkomt.



Figuur 19: Voorbeeld groenclassificatie op erven voor een deelgebied uit Nationaal Landschap Het Groene Woud nabij Boxtel.

Het groen op de erven bestaat uit lage begroeiing zoals gras en opgaande begroeiing zoals bomen en struiken.

Binnen het studiegebied zijn zes fototegels geselecteerd waarvoor de classificatieprocedure is uitgevoerd (figuur 20). De zes fototegels zijn geselecteerd op basis van een homogene kleur binnen de tegel. Tijdens het uitvoeren van de classificatieprocedure bleek echter dat ook kleine kleurverschillen binnen de tegel wel van invloed zijn op de uitkomsten van de classificatie waardoor deze niet optimaal is verlopen. Wanneer het gehele gebied geïntegreerd zal worden zal net zoals bij de methode van de steden het gebied opgeknipt moeten worden, zodat gebieden met homogeen kleurstelling ontstaan.



Figuur 20: Geselecteerde tegels voor segmentatie en classificatie met tegelnummer.

Tabel 4 laat de resultaten zien van de classificatieprocedure voor de geselecteerde zes tegels. In deze tabel worden alleen de oppervlakten voor de Top10vector klasse *overig grondgebruik* en het geclassificeerde groen binnen deze klasse weergegeven.

Tabel 4: Oppervlakten geclassificeerd groen uit de luchtfoto voor de zes geselecteerde fototegels

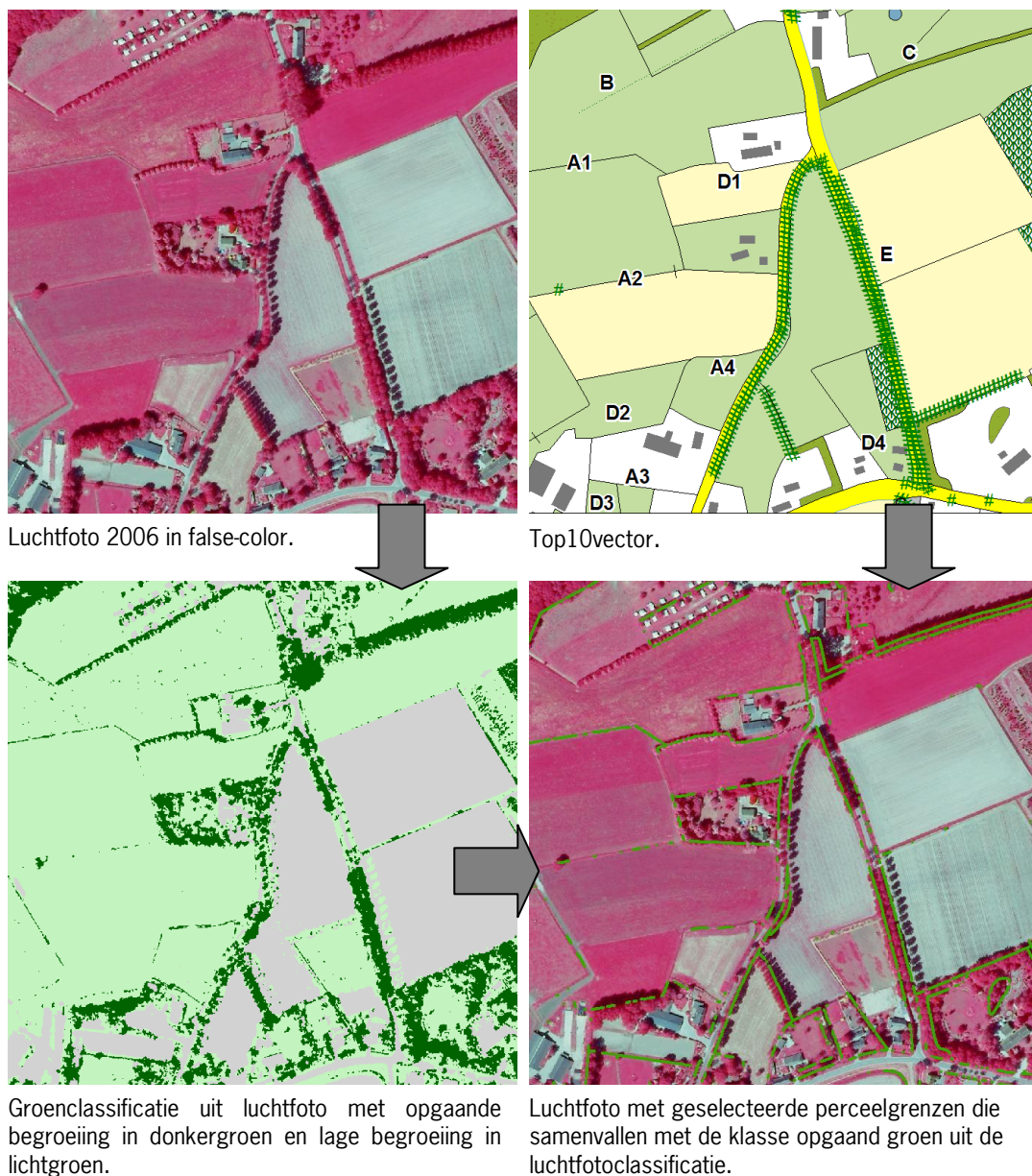
Luchtfoto tegel	402146	406154	398150	398154	394150	394154
Oppervlakte (ha) van de Top10vector klasse <i>overig grondgebruik</i>	119.3	128.8	104.4	104.5	76.0	57.9
Oppervlakte groen uit luchtfoto classificatie binnen de Top10vector klasse <i>overig grondgebruik</i>						
lage begroeiing	52.5	37.7	41.0	42.8	28.1	16.1
opgaande begroeiing	6.0	23.3	14.1	18.6	16.3	7.2
totaal	58.5	61.0	55.1	61.4	44.4	23.3
Toegevoegd groen uit de luchtfoto-classificatie	49.0%	47.4%	52.8%	58.8%	58.4%	40.2%

Uit de gegevens van tabel 4 blijkt dat het gemiddelde percentage toegevoegd groen rond de 50% ligt. Hiervan is één derde deel opgaande begroeiing en twee derde deel lage begroeiing. De totale oppervlakte van de Top10vector klasse *overig grondgebruik* binnen het Nationaal Landschap Het Groene Woud bedraagt ca. 2142 ha. Dit betekent dat voor het gehele Nationaal Landschap een oppervlakte van ruim 1000 ha groen niet in de Top10vector voorkomt.

In het Compendium voor de Leefomgeving (PBL, CBS en WUR, 2010) wordt een oppervlakte van het Nationaal Landschap Het Groene Woud geven van 33 791 ha waarvan 7 952 ha een groen karakter heeft. De groenclassificatie kan daar ruim 12.5% aan toevoegen (zie: www.compendiumvoordeleefomgeving.nl).

3.4.2 Opgaand groen langs perceelgrenzen

Figuur 21 laat zien hoe de classificatie van opgaand groen langs perceelgrenzen is uitgevoerd. De luchtfoto wordt via het segmentatie en classificatie proces bewerkt waarbij de klassen lage begroeiing en opgaande begroeiing bepaald worden. De klasse opgaande begroeiing wordt vervolgens gecombineerd met de perceelgrenzen uit Top10vector. Hiermee worden de lijnvormige elementen met opgaande begroeiing gevormd.



Figuur 21: Voorbeeld van groenclassificatie uit de luchtfoto en selectie met behulp van perceelgrenzen

In figuur 21 is te zien hoe opgaand groen op de luchtfoto geclassificeerd wordt. Dit gaat niet in alle gevallen goed. In tabel 5 wordt voor een aantal voorbeeldlocaties een korte toelichting gegeven.

Tabel 5: Toelichting bij figuur 20.

Locatie	Omschrijving
A1,2,3,4	Foutieve classificatie als opgaand groen dat veroorzaakt wordt door het kleur- en structuurpatroon van vegetatie langs een sloot.
B	Correcte classificatie als opgaand groen maar valt niet samen met een Top10vector perceelgrens.
C	Correcte classificatie als opgaand groen, in Top10vector is dit als een vlak met bos opgenomen. Hierdoor valt het opgaand groen samen met twee perceelgrenzen.
D1,2,3	Correcte classificatie als opgaand groen, zowel langs perceelgrenzen tussen landbouwpercelen als op de grens met erven.
E	In Top10vector is de bomenrij langs de weg niet onderbroken, op de foto en de groenclassificatie is te zien dat hier geen bomen voorkomen.

De meest voorkomende fout is wel de detectie van opgaand groen langs sloten en in schaduwplekken die met lage vegetatie samenvallen. Dit wordt veroorzaakt door het segmentatie proces waarbij deze locaties als afzonderlijke segmenten gedetecteerd worden. Doordat op deze locaties wel vegetatie voorkomt worden deze als groen geclassificeerd en de structuur binnen de segmenten komt overeen met de structuur van segmenten met opgaande vegetatie (de 'wolligheid' van boomkronen).

4 Een automatisch classificatieproces voor heel Nederland; uitvoerbaarheid en beperkingen

Bij de uitvoering van dit project is een grote hoeveelheid data in de vorm van tegels uit een luchtfoto mosaic verwerkt. De omvang en diversiteit van dit bronmateriaal is van grote invloed op de uitkomsten en daarmee op de uitvoerbaarheid van de automatische procedure voor het classificeren van groen in luchtfoto's. In dit hoofdstuk wordt een overzicht gegeven van een aantal aspecten die een rol spelen in dit proces en die van invloed zijn op de uitkomsten.

4.1 Landsdekkende luchtfoto als bron voor informatie over groen

Kenmerken van een geschikte luchtfoto

Een geschikte luchtfoto voor classificatie van groen voldoet aan de volgende kenmerken :

1. Opgenomen in een periode dat blad aan de bomen zit;
2. Opgenomen in een zo kort mogelijke periode;
3. Heeft een detail van 50 cm of hoger;
4. Bevat een infrarode band;
5. Is ortho-gerectificeerd;
6. Is niet in de vroege ochtend of late middag opgenomen om schaduw in de foto zo min mogelijk voor te laten komen.

De beschikbare luchtfoto mosaic voldoet in ieder geval aan de kenmerken 1, 3 en 4. Luchtfoto's met een detail van 50 cm bieden voldoende informatie om opgaand groen zoals bomen en struiken en laag groen als gras in tuinen en parken te herkennen. Voor de classificatie van vegetatie is het belangrijk dat naast het zichtbare licht ook een infrarood opname beschikbaar is. Het is belangrijk dat de foto's opgenomen zijn in een periode dat het blad aan de bomen zit, kale bomen zijn op een foto wel te herkennen aan een vaag takken patroon en de schaduw van de boom maar dit kan niet op automatische wijze herkend worden als groen.

In principe wordt ook aan kenmerk 2 voldaan, de opname periode omvat mei t/m juli. Dit is niet ideaal maar bij het landsdekkend opnemen van luchtfoto's kan deze periode alleen verkort worden door het inzetten van meer vliegtuigen, wat het product weer duurder maakt. Dit is een economische overweging waarbij het ideale product wellicht niet betaalbaar is. Daarnaast blijven weersomstandigheden altijd een rol spelen waardoor en opnameperiode langer uitvalt dan gewenst.

Kenmerk 5 is van belang voor de juiste locatie van opgaande elementen in de luchtfoto. Aan de randen van een luchtfoto lijken opgaande elementen zoals gebouwen en bomen om te vallen. Dit wordt veroorzaakt doordat de opname vanuit één centraal punt gemaakt wordt, naar de randen van de foto toe wordt hierdoor meer tegen de zijkant van opgaande elementen gekeken. De bovenkant van het element verplaatst zich hierdoor van het centrum van de foto af. De wordt de omvalling genoemd (relatieve verplaatsing). Hoe hoger het element, hoe meer de omvalling. Dit geldt voor bomen, gebouwen maar ook voor het grondoppervlak met hoogteverschillen. Dit kan gecorrigeerd worden door het proces van ortho-rectificatie. Voor het grondoppervlak wordt met behulp van een goed hoogtemodel (bijv. het AHN) de juiste

positie berekend. Voor opgaande elementen als bomen en gebouwen kan dit uitgevoerd worden als de hoogte van deze elementen bekend is of uit stereofoto's afgeleid wordt. Dit laatste is een tijdrovend en daarmee kostbaar proces en is voor de luchtfotoset van 2006 niet uitgevoerd. Wel is het effect van omvalling beperkt gehouden door uit de foto's, die met veel overlap opgenomen zijn, voor de mosaic het centrumdeel van de foto te gebruiken. In dit centrumdeel is het effect van de omvalling het minst. Toch komt omvalling wel voor en dat betekent voor bomen dat de kronen een aantal meters naast hun echte locatie kunnen liggen. Om de hoeveelheid groen te bepalen, maakt dit niet uit. Als echter tijdseries van foto's gebruikt worden om de veranderingen in het groen te monitoren, kan dit wel van invloed zijn. Door verschillen in omvalling tussen verschillende jaren kan een locatie met groen veranderd zijn naar een locatie zonder groen zonder dat er feitelijk iets veranderd is. De boom staat er nog steeds, de kroon van de boom ligt in de foto alleen op een andere plaats.

Aan kenmerk 6 wordt ook maar deels voldaan. Om de opname periode zo kort mogelijk te houden is het bijna noodzakelijk om bij goed vliegweer een zo lang mogelijk deel van de dag te benutten. Gebieden die vroeg of laat op de dag gevlogen worden zullen hierdoor meer schaduw bevatten. Dit is niet ideaal, maar bij landsdekkende opnamen eigenlijk niet te vermijden.

Beperkingen van de luchtfoto mosaic 2006

Voor de luchtfoto mosaic van 2006 geldt specifiek dat het classificatieproces bemoeilijkt wordt door de kwaliteit van de mosaic. Verschillen in kleur die veroorzaakt worden door verschillende opname data kunnen in principe in een geautomatiseerd proces opgevangen worden. Parameters voor de classificatie van het groen kunnen op basis van de metadata over de opnamedag en tijdstip aangepast worden waardoor een geautomatiseerde verwerking van een dergelijke dataset wel mogelijk is. In het mosaic van 2006 komen echter ook grote kleurverschillen voor binnen gebieden die na elkaar in dezelfde fotovlucht zijn opgenomen. Er is geen bruikbare informatie beschikbaar dat als basis kan dienen om parameters voor de classificatie van groen aan te passen in een geautomatiseerd proces. Voor gebieden die een meer blauwachtige kleurtoon hebben, zal dit leiden tot een onderdetectie van de hoeveelheid groen. Als de kleurtoon van deze gebieden meer roodachtig is zal in de classificatieprocedure leiden tot een overdetectie van de hoeveelheid groen. De enige manier om dit te voorkomen is het handmatig selecteren van de verschillen gebieden en deze afzonderlijk te verwerken. Dit is wel een tijdrovende procedure. Daarnaast speelt ook mee dat de kleurinformatie in de foto zodanig vervormd kan zijn dat het niet meer mogelijk is om het groen goed te classificeren.

In de luchtfoto mosaic van 2008 komt dit probleem niet voor.

4.2 Geschiktheid van de procedure voor de classificatie van groen in een stedelijke omgeving en op erven in het landelijk gebied

De procedure richt zich op het classificeren van groen voor deelgebieden uit de Top10vector waarbinnen geen informatie over groen beschikbaar is. Dit zijn met name de klassen *overig grondgebruik* en *bebouwing*. Dit werkt goed indien er één klasse groen geclassificeerd wordt. Het onderscheid tussen lage en opgaande begroeiing kan wel gemaakt worden maar de betrouwbaarheid van deze opdeling is te gering. Met name schaduw van bomen en gebouwen is een versturende factor. Op gebieden met schaduw kan wel het onderscheid groen of niet-groen gemaakt worden maar in het classificatieproces is gebleken dat deze schaduwplekken

regelmatig onterecht als opgaande begroeiing geclassificeerd worden. Deze schaduwplekken komen juist veel voor binnen de Top10vector klassen *overig grondgebruik* en *bebouwing*.

Voor Almere is een oppervlakte van 760 ha toegevoegd, dit is toename van 15,6% groen.
Voor Utrecht is een oppervlakte van 352 ha toegevoegd, dit is toename van 9,3% groen.

De oppervlakte groen dat gevormd wordt door bomen boven wegen en waterlopen in het stedelijk gebied is in deze percentages niet meegenomen. Voor met name Utrecht is op de luchtfoto te zien dat deze categorie voor sommige wijken wel een belangrijke factor is. Vooral in de binnenstad vormen grote bomen langs/boven wegen de grootste oppervlakte groen dat binnen de wijk voorkomt.

Binnen de erven op de zes verwerkte tegels in het Nationaal Landschap Het Groene Woud is het gemiddelde percentage toegevoegd groen rond de 50%.

4.3 Geschiktheid van de procedure voor de classificatie van opgaand groen in een landelijke omgeving

De procedure richt zich op het classificeren van opgaand groen dat samenvalt met perceelgrenzen uit de Top10vector. De classificatie van opgaand groen wordt echter beïnvloed door het voorkomen van schaduw in de foto en, specifiek in het landelijk gebied, ook door de sloten die tussen percelen liggen. Bij het patroonherkenningsproces worden op en langs droge of natte sloten objecten gevormd. De structuur van deze objecten komt overeen met die van opgaande begroeiing waardoor deze foutief als opgaande begroeiing geclassificeerd worden. Het classificeren van de opgaande begroeiing gaat op zich goed, er wordt echter teveel opgaande begroeiing geclassificeerd. Dit kan alleen handmatig gecorrigeerd worden. De betrouwbaarheid van de classificatie is hierdoor te gering waardoor dit niet een geschikte methode lijkt.

Opgaande begroeiing in het landelijk gebied kan mogelijk wel in kaart gebracht worden door de LIDAR informatie die voor het AHN-2 ingewonnen wordt in combinatie met de luchtfoto te gebruiken. De luchtfoto levert dan de informatie over groen, de AHN-2 LIDAR punten geven informatie over de hoogte van objecten. De AHN-2 LIDAR punten zijn zullen in 2012 voor heel Nederland beschikbaar zijn. Het opzetten van een classificatie procedure om deze landsdekkend te verwerken, vergt nog nader onderzoek.

4.4 Kosten voor een classificatie

De kosten voor een classificatie zijn sterk afhankelijk van de eigenschappen van de beschikbare luchtfoto's. De procedure kan goed geautomatiseerd worden indien de kwaliteit van de foto's goed is. Hoe meer afwijkingen, hoe minder automatisering en daarmee hogere kosten. De classificatie van het grondgebied van de acht grootste gemeenten (de G8) op basis van de luchtfoto van 2008 wordt geschat op ongeveer 300 uur. Hierbij is gerekend dat voor de G8 in totaal 99 fototegels verwerkt moeten worden. De kosten komen hierbij op ongeveer €35.000,-. Dit komt neer op 22 cent per hectare.

Indien het proces voor de G30 of de G50 uitgevoerd wordt, zullen de kosten per hectare lager uitvallen. Het opzetten van de geautomatiseerde procedure is een belangrijk onderdeel bij het opstarten van het proces. Dit hoeft echter maar eenmalig goed ingericht te worden. Wel blijft

het bepalen van het omslagpunt tussen groen en niet-groen in de vegetatie-index een handeling die niet geautomatiseerd kan worden. De hoeveelheid werk die hier mee gemoeid is, is weer afhankelijk van de spreiding van opnamedata van de luchtfoto's. Bij veel variatie in de opnamedata zal dit meer tijd vergen.

5 Conclusies & aanbevelingen

Conclusies

- Digitale luchtfoto's met een infrarode band zijn geschikt om vegetatie mee in kaart te brengen. In het stedelijk gebied ligt de meerwaarde vooral bij de classificatie van groen binnen de Top10vector klassen *overig grondgebruik* en *bebouwing*.
- In de onderzochte wijken van Almere en Utrecht laten geclassificeerde luchtfoto's ruim 15% meer groen zien dan de topografische kaart. Dit groen is vooral kleinschalig groen in tuinen en op binnenplaatsen.
- De inventarisatie van stedelijk groen binnen de geselecteerde klassen met behulp van luchtfotoclassificatie kost ongeveer €0.22 per ha (excl. datakosten) bij verwerking voor de G8. Bij verwerking van grotere gebieden zullen de kosten per hectare lager uitvallen omdat het opzetten van de geautomatiseerde procedure slechts eenmalig uitgevoerd hoeft te worden.
- De basisclassificatie is niet direct geschikt voor monitoring van veranderingen. In de luchtfoto's liggen boomkronen door het effect van omvalling niet altijd op exact dezelfde locatie. Aggregatie van de gegevens op buurniveau of in een regelmatig grid kan dit wellicht ondervangen.
- De methode heeft ook meerwaarde voor het landelijk gebied, met name waar het gaat om begroeiing in de Top10vector klasse *overig grondgebruik* (de erven). Binnen het studiegebied Nationaal Landschap Het Groene Woud blijkt gemiddeld 50% van de erven begroeid.
- Voor de inventarisatie van perceelrandbegroeiing met behulp van automatische classificatie van digitale luchtfoto's heeft de gehanteerde methode geen meerwaarde. Mogelijk kan het gebruik van aanvullende informatie van AHN dit verbeteren.

Aanbevelingen

- Onderzoek in verband met de mogelijkheden voor monitoring de stabiliteit van de automatische classificatie in stedelijk gebied door een vergelijking van een classificatie uit 2006 en 2008 in een deel van Almere.
- Onderzoek de mogelijkheden om opgaande begroeiing in het landelijk gebied te classificeren basis van de combinatie luchtfoto en AHN LIDAR punten.

Literatuur

- Boersma, W.T. en R. Kuiper (2006) Verrommeling in beeld, MNP rapport 500074003. Milieu- en Natuurplanbureau, Bilthoven.
- Crommentuijn, L.E.M., J.M.J. Farjon, C. den Dekker & N. van der Wulp (2007). Belevingswaardenmonitor Nota Ruimte 2006, Nulmeting landschap en groen in en om de stad, MNP-publicatienummer 500073001 , ISBN 9789069601809, Milieu- en Natuurplanbureau, Bilthoven.
- Lillesand T.M. & R.W. Kiefer (2004). Remote Sensing and Image Interpretation. Wiley & Sons, New York. Fifth Edition.
- Snep, R.P.H., R.G.M. Kwak & H. Kramer (2005). De ecologie van het stedelijk landschap in kaart gebracht; Een verkennende studie naar het gebruik van hoge-resolutie satellietbeelden voor het beschrijven van stadsnatuur en stedelijk groen, Alterra rapport 1108. Alterra Wageningen UR, Wageningen.

Internet links

PBL, CBS en WUR (2010). Compendium voor de Leefomgeving:
<http://www.compendiumvoordeleefomgeving.nl/indicatoren/nl1490-Groene-Woud.html?i=12-148>

Nationaal Landschap Het Groene Woud:
http://www.hetgroenewoud.com/hgw_dieper.php

eCognition:
<http://www.ecognition.com/>

ENVI FeatureExtraction :
<http://www.ittvis.com/ProductServices/ENVI/ENVIEX/fxworkflow.aspx>

Bijlage 1 Areaal en percentage groen per wijk in Almere

Wijk in Almere	Totale wijk-oppervlakte (ha)	Oppervlakte groen uit Top10 (ha)	Oppervlakte groen uit Top10 en luchtfoto (ha)	Percentage groen met Top10	Toename oppervlakte groen uit luchtfoto (ha)	Percentage groen met Top10 en luchtfoto	Procentuele toename
"Muziekwijk Noord" (voorlopig)	236.8	71.4	103.2	30.2%	31.8	43.6%	13.4%
"Muziekwijk Zuid" (voorlopig)	100.4	17.5	34.3	17.4%	16.9	34.2%	16.8%
"Tussen de Vaarten Noord" (voorlopig)	198.6	92.5	104.7	46.6%	12.2	52.7%	6.1%
"Tussen de Vaarten Zuid" (voorlopig)	250.5	93.0	111.8	37.1%	18.8	44.6%	7.5%
BloemenBuurt	87.0	17.1	28.8	19.7%	11.6	33.1%	13.4%
Bouwmeesterbuurt	117.9	52.0	63.9	44.2%	11.9	54.2%	10.1%
Buitenvaart	270.7	107.7	129.8	39.8%	22.1	48.0%	8.2%
Centrum Almere Buiten	46.9	10.2	13.2	21.8%	3.0	28.1%	6.3%
Centrum Almere Haven	55.9	18.9	21.5	33.8%	2.6	38.5%	4.7%
Centrum Almere Stad	99.9	7.0	10.7	7.0%	3.7	10.7%	3.7%
Danswijk	69.9	10.8	19.7	15.4%	8.9	28.2%	12.7%
De Gouwen	73.9	21.1	40.4	28.6%	19.2	54.6%	26.0%
De Grienden	65.9	27.1	39.6	41.1%	12.6	60.2%	19.1%
De Hoven	47.5	16.7	25.1	35.2%	8.4	52.8%	17.6%
De Marken	115.0	58.6	76.8	50.9%	18.2	66.7%	15.8%
De meenten	75.5	38.7	47.2	51.2%	8.5	62.5%	11.3%
De Steiger	37.1	7.8	12.1	21.1%	4.2	32.5%	11.4%
De Vaart	402.1	118.6	143.2	29.5%	24.6	35.6%	6.1%
De Velden	64.9	30.0	42.5	46.2%	12.5	65.5%	19.2%
De Werven	52.7	15.1	24.9	28.7%	9.8	47.2%	18.5%
De wierden	93.8	39.2	56.2	41.8%	16.9	59.9%	18.1%
Faunabuurt	76.9	16.8	28.4	21.8%	11.6	36.9%	15.1%

Wijk in Almere	Totale wijk-oppervlakte (ha)	Oppervlakte groen uit Top10 (ha)	Oppervlakte groen uit Top10 en luchtfoto (ha)	Percentage groen met Top10	Toename oppervlakte groen uit luchtfoto (ha)	Percentage groen met Top10 en luchtfoto	Procentuele toename
Filmwijk	204.5	55.0	89.1	26.9%	34.1	43.5%	16.7%
Gooisekant	129.6	42.7	58.1	32.9%	15.4	44.8%	11.9%
Hollandsekant	42.9	15.0	16.2	34.9%	1.2	37.7%	2.8%
Indischebuurt	36.9	10.4	14.6	28.3%	4.2	39.6%	11.3%
Kruidenwijk	232.6	104.2	133.4	44.8%	29.2	57.3%	12.5%
Landgoederenbuurt	72.2	26.2	36.3	36.3%	10.1	50.3%	14.0%
Literatuurwijk	152.3	28.8	49.6	18.9%	20.8	32.6%	13.7%
Markerkant	53.5	16.0	20.0	30.0%	4.0	37.4%	7.4%
Molenbuurt	65.3	14.6	22.9	22.3%	8.4	35.1%	12.8%
Oostvaardersbuurt	122.1	50.1	60.3	41.0%	10.2	49.4%	8.4%
Parkwijk	138.7	40.3	59.9	29.1%	19.6	43.2%	14.1%
Poldervlak	48.2	12.8	17.5	26.5%	4.8	36.4%	9.9%
Randstad	25.6	7.0	8.9	27.3%	1.9	34.9%	7.6%
Regenboogbuurt	112.3	41.3	54.6	36.8%	13.3	48.6%	11.9%
Sallandsekant	71.4	6.5	20.0	9.1%	13.6	28.1%	19.0%
Seizoenenbuurt	139.8	67.3	82.0	48.1%	14.8	58.7%	10.6%
Staatsliedenwijk	37.7	6.8	12.8	18.0%	6.0	33.9%	15.8%
Stedenwijk	164.0	32.5	56.9	19.8%	24.4	34.7%	14.9%
Veluwsekant	102.7	30.6	41.3	29.7%	10.7	40.2%	10.5%
Verzetswijk	108.2	46.2	61.7	42.7%	15.6	57.1%	14.4%
Waterwijk	175.1	44.5	71.7	25.4%	27.2	41.0%	15.5%
Totaal	4875.5	1586.5	2346.5	32.5%	760.0	48.1%	15.6%

Bijlage 2 Areaal en percentage groen per wijk in Utrecht

Wijk in Utrecht	Totale wijk oppervlakte (ha)	Oppervlakte groen uit Top10 (ha)	Oppervlakte groen uit Top10 en luchtfoto (ha)	Percentage groen uit Top10	Toename oppervlakte groen uit luchtfoto (ha)	Percentage groen uit Top10 en luchtfoto	Procentuele toename
Abstede	12.0	0.2	3.1	1.9%	2.9	26.0%	24.1%
Amazone- en Nicaraguadreef e.o.	112.3	40.6	49.3	36.1%	8.7	43.9%	7.7%
Bedrijfsgebied Kanaleneiland	167.9	25.6	34.3	15.2%	8.7	20.4%	5.2%
Bleekstraat e.o.	5.3	0.2	0.6	2.9%	0.4	10.9%	7.9%
Bokkenbuurt	20.8	4.8	6.6	23.2%	1.8	31.9%	8.7%
Breedstraat en Plompetorengracht e.o.	18.7	0.0	1.8	0.0%	1.8	9.4%	9.4%
Buiten Wittevrouwen	48.4	3.6	11.1	7.3%	7.5	22.9%	15.5%
De Driehoek	7.9	0.6	1.1	7.8%	0.4	13.2%	5.4%
Dichterswijk	88.5	2.7	7.3	3.0%	4.6	8.2%	5.2%
Egelantierstraat-Mariendaalstraat e.o.	22.6	0.3	2.0	1.3%	1.7	8.7%	7.4%
Elinkwijk e.o.	46.6	1.5	5.6	3.2%	4.2	12.1%	8.9%
Galgenwaard en Kromhoutkazerne	47.8	15.5	17.3	32.4%	1.8	36.3%	3.8%
Geuzenwijk	23.1	2.0	3.0	8.6%	1.0	12.8%	4.2%
Halve Maan	48.4	8.9	12.8	18.4%	3.9	26.4%	8.0%
Hooch Boulandt Moreelsepark e.o.	30.9	2.3	4.4	7.4%	2.1	14.3%	6.9%
Hoog-Catharijne CS en Leidseveer	46.3	1.8	4.1	3.8%	2.3	8.8%	5.0%
Huizingalaan K. Doormanlaan e.o.	21.2	5.6	8.3	26.3%	2.7	39.1%	12.8%
J.M. de Muinck Keizerlaan e.o.	26.5	5.8	8.7	22.0%	2.8	32.7%	10.7%
Julianapark e.o.	26.7	7.1	8.6	26.7%	1.5	32.3%	5.5%
Kanaleneiland-Noord	63.5	7.4	14.1	11.7%	6.7	22.2%	10.5%
Kanaleneiland-Zuid	75.9	13.4	25.3	17.7%	11.9	33.4%	15.7%

Wijk in Utrecht	Totale wijk oppervlakte (ha)	Oppervlakte groen uit Top10 (ha)	Oppervlakte groen uit Top10 en luchtfoto (ha)	Percentage groen uit Top10	Toename oppervlakte groen uit luchtfoto (ha)	Percentage groen uit Top10 en luchtfoto	Procentuele toename
L. Napoleonplantsoen e.o.	23.3	4.7	8.8	20.3%	4.0	37.6%	17.2%
Laan van Nieuw Guinea-Spinozaplantsoen	33.7	0.9	3.2	2.7%	2.3	9.6%	6.9%
Lange Elisabethstraat Mariaplaats e.o.	15.6	0.2	1.1	1.2%	0.9	6.9%	5.7%
Lange Nieuwstraat e.o.	27.0	1.5	4.9	5.4%	3.4	18.2%	12.7%
Lauwerecht	23.9	3.1	5.5	13.0%	2.4	23.2%	10.2%
Leidseweg e.o.	12.2	0.7	1.9	5.4%	1.2	15.5%	10.1%
Loevenhoutsedijk e.o.	37.4	16.6	18.7	44.4%	2.1	50.1%	5.7%
Lombok-Oost	16.2	0.9	1.4	5.4%	0.6	8.9%	3.5%
Lombok-West	28.3	0.7	3.4	2.4%	2.7	12.0%	9.6%
Lunetten-Noord	68.5	21.9	29.3	31.9%	7.4	42.7%	10.8%
Lunetten-Zuid	163.2	62.8	75.6	38.5%	12.8	46.3%	7.8%
Maarschalkerweerd en Mereveld	241.8	151.2	169.3	62.5%	18.2	70.0%	7.5%
Neckardreef e.o.	56.0	14.8	20.3	26.4%	5.5	36.2%	9.8%
Neude Janskerkhof en Domplein e.o.	21.5	0.0	1.5	0.0%	1.5	7.0%	7.0%
Nieuw Engeland, Th. a. Kempisplnts e.o	59.7	10.0	14.2	16.7%	4.2	23.7%	7.0%
Nieuw Hoograven	87.4	25.3	31.3	28.9%	6.0	35.8%	6.8%
Nieuwegracht-Oost	16.6	3.3	5.1	19.6%	1.8	30.5%	10.9%
Nobelstraat e.o.	9.6	1.1	1.8	11.1%	0.7	18.5%	7.4%
Ondiep	59.5	8.9	13.6	14.9%	4.8	22.9%	8.0%
Oog in Al	47.8	6.8	9.7	14.2%	2.9	20.2%	6.0%
Oud Hoograven	47.5	5.3	8.5	11.3%	3.2	18.0%	6.7%
Oudwijk	30.7	0.2	4.7	0.6%	4.5	15.4%	14.7%
Pijlsweerd-Noord	21.8	1.7	4.0	7.8%	2.3	18.5%	10.7%
Pijlsweerd-Zuid	29.6	0.8	3.3	2.8%	2.5	11.2%	8.4%
Prins Bernhardplein e.o.	28.8	2.5	4.7	8.8%	2.1	16.2%	7.4%

Wijk in Utrecht	Totale wijk oppervlakte (ha)	Oppervlakte groen uit Top10 (ha)	Oppervlakte groen uit Top10 en luchtfoto (ha)	Percentage groen uit Top10	Toename oppervlakte groen uit luchtfoto (ha)	Percentage groen uit Top10 en luchtfoto	Procentuele toename
Rijnsweerd	160.8	54.6	70.2	33.9%	15.6	43.7%	9.7%
Rivierenwijk	78.7	4.8	11.2	6.1%	6.5	14.3%	8.2%
Rubenslaan e.o.	35.0	6.0	9.9	17.2%	3.9	28.4%	11.1%
Schaakbuurt e.o.	36.5	5.1	8.9	14.0%	3.8	24.4%	10.4%
Schepenbuurt bedrijvengeb. Cartesiusweg	118.7	7.2	22.0	6.1%	14.7	18.5%	12.4%
Schildersbuurt	31.3	1.6	6.0	5.1%	4.4	19.3%	14.2%
Springweg e.o. Geertebuurt	18.5	2.3	4.3	12.2%	2.1	23.3%	11.1%
Staatsliedenbuurt	12.9	3.1	4.9	24.2%	1.7	37.7%	13.5%
Sterrenwijk	10.7	1.1	2.4	10.1%	1.3	22.2%	12.2%
Taag- en Rubicondreef e.o.	48.7	9.2	14.8	18.8%	5.7	30.5%	11.6%
Tigris- en Bostondreef e.o.	63.3	19.7	25.3	31.0%	5.6	39.9%	8.8%
Tolsteeg en Rotsoord	38.7	7.0	11.0	18.0%	4.0	28.4%	10.4%
Tolsteegsingel e.o.	7.3	0.4	1.9	5.2%	1.5	25.7%	20.5%
Transwijk-Noord	48.7	10.7	16.3	21.9%	5.6	33.3%	11.4%
Transwijk-Zuid	51.4	16.6	23.0	32.3%	6.4	44.8%	12.5%
Tuindorp en Van Lieflandlaan-West	69.3	5.6	19.6	8.0%	14.0	28.3%	20.3%
Tuindorp-Oost	53.3	11.0	20.6	20.6%	9.6	38.7%	18.1%
Tuinwijk-Oost	32.4	7.4	11.0	23.0%	3.5	33.9%	10.9%
Tuinwijk-West	17.9	1.7	3.9	9.3%	2.3	22.0%	12.7%
Tweede Daalsebuurt e.o.	33.2	1.2	3.8	3.5%	2.7	11.5%	8.0%
Vogelenbuurt	20.3	0.4	2.3	1.8%	1.9	11.2%	9.4%
Voordorp en Voorveldsepolder	187.3	86.4	101.4	46.1%	14.9	54.1%	8.0%
Watervogelbuuryt	27.4	2.0	6.7	7.3%	4.7	24.5%	17.2%
Welgelegen en Den Hommel	42.8	10.0	12.4	23.3%	2.5	29.1%	5.8%
Wijk C	15.6	0.0	1.1	0.2%	1.0	6.7%	6.6%

Wijk in Utrecht	Totale wijk oppervlakte (ha)	Oppervlakte groen uit Top10 (ha)	Oppervlakte groen uit Top10 en luchtfoto (ha)	Percentage groen uit Top10	Toename oppervlakte groen uit luchtfoto (ha)	Percentage groen uit Top10 en luchtfoto	Procentuele toename
Wilhelminapark e.o.	60.0	14.7	21.1	24.5%	6.4	35.2%	10.7%
Wittevrouwen	43.8	1.7	7.2	3.9%	5.5	16.5%	12.7%
Wolga- en Donaudreef e.o.	52.3	13.0	16.8	24.9%	3.7	32.0%	7.2%
Zambesidreef e.o.	40.8	11.6	15.0	28.6%	3.4	36.9%	8.3%
Zamenhofdreef e.o.	39.9	6.7	9.7	16.9%	2.9	24.2%	7.4%
Zeeheldenbuurt Hengeveldstraat e.o.	24.0	1.7	6.5	7.2%	4.8	27.2%	19.9%
Zuilen-Noord	77.6	23.4	29.0	30.2%	5.6	37.4%	7.2%
Totaal voor alle wijken	3768.4	843.4	1195.3	22.4%	351.9	31.7%	9.3%

Verschenen documenten in de reeks Werkdocumenten van de Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu vanaf 2009

Werkdocumenten zijn verkrijgbaar bij het secretariaat van Unit Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu, te Wageningen. T 0317 – 48 54 71; F 0317 – 41 90 00; E info.wnm@wur.nl

De werkdocumenten zijn ook te downloaden via de WOT-website www.wotnatuurenmilieu.wur.nl

2009

- 126** *Kamphorst, D.A.* Keuzes in het internationale biodiversiteitsbeleid; Verkenning van de beleidstheorie achter de internationale aspecten van het Beleidsprogramma Biodiversiteit (2008-2011)
- 127** *Dirkx, G.H.P. & F.J.P. van den Bosch.* Quick scan gebruik Catalogus groenblauwe diensten
- 128** *Loeb, R. & P.F.M. Verdonschot.* Complexiteit van nutriëntenlimitaties in oppervlaktewateren
- 129** *Kruit, J. & P.M. Veer.* Herfotografie van landschappen; Landschapsfoto's van de 'Collectie de Boer' als uitgangspunt voor het in beeld brengen van ontwikkelingen in het landschap in de periode 1976-2008
- 130** *Oenema, O., A. Smit & J.W.H. van der Kolk.* Indicatoren Landelijk Gebied; werkwijze en eerste resultaten
- 131** *Agricola, H.J.A.J. van Strien, J.A. Boone, M.A. Dolman, C.M. Goossen, S. de Vries, N.Y. van der Wulp, L.M.G. Groenemeijer, W.F. Lukey & R.J. van Til.* Achtergrond-document Nulmeting Effectindicatoren Monitor Agenda Vitaal Platteland
- 132** *Jaarrapportage 2008.* WOT-04-001 – Koepel
- 133** *Jaarrapportage 2008.* WOT-04-002 – Ond.Onderzoek
- 134** *Jaarrapportage 2008.* WOT-04-003 – Adv.Natuur & Milieu
- 135** *Jaarrapportage 2008.* WOT-04-005 – M-AVP
- 136** *Jaarrapportage 2008.* WOT-04-006 – NPB-functie
- 137** *Jaarrapportage 2008.* WOT-04-007 – Milieuplanbureaufunctie
- 138** *Jong de, J.J., J. van Os & R.A. Smidt.* Inventarisatie en beheerskosten van landschapselementen
- 139** *Dirkx, G.H.P., R.W. Verburg & P. van der Wielen.* Tegenkrachten Natuur. Korte verkenning van de weerstand tegen aankopen van landbouwgrond voor natuur
- 140** *Annual reports for 2008; Programme WOT-04*
- 141** *Vullings, L.A.E., C. Blok, G. Vonk, M. van Heusden, A. Huisman, J.M. van Linge, S. Keijzer, J. Oldengarm & J.D. Bulens.* Omggaan met digitale nationale beleidskaarten
- 142** *Vreke, J., A.L. Gerritsen, R.P. Kranendonk, M. Pleijte, P.H. Kersten & F.J.P. van den Bosch.* Maatlat Government – Governance
- 143** *Gerritsen, A.L., R.P. Kranendonk, J. Vreke, F.J.P. van den Bosch & M. Pleijte.* Verdrogingsbestrijding in het tijdperk van het Investeringsbudget Landelijk Gebied. Een verslag van casusonderzoek in de provincies Drenthe, Noord-Brabant en Noord-Holland.
- 144** *Luesink, H.H., P.W. Blokland, M.W. Hoogeveen & J.H. Wisman.* Ammoniakemissie uit de landbouw in 2006 en 2007
- 145** *Bakker de, H.C.M. & C.S.A. van Koppen.* Draagvlakonderzoek in de steigers. Een voorstudie naar indicatoren om maatschappelijk draagvlak voor natuur en landschap te meten
- 146** *Goossen, C.M.,* Monitoring recreatiegedrag van Nederlanders in landelijke gebieden. Jaar 2006/2007
- 147** *Hoefs, R.M.A., J. van Os & T.J.A. Gies.* Kavelruil en Landschap. Een korte verkenning naar ruimtelijke effecten van kavelruil.
- 148** *Klok, T.L., R. Hille Ris Lambers, P. de Vries, J.E. Tamis & J.W.M. Wijsman.* Quick scan model instruments for marine biodiversity policy.
- 149** *Spruijt, J., P. Spoorenberg & R. Schreuder.* Milieueffectiviteit en kosten van maatregelen gewasbescherming.
- 150** *Ehlert, P.A.I. (rapporteur).* Advies Bemonstering bodem voor differentiatie van fosfaatgebruiksnormen.
- 151** *Wulp van der, N.Y.* Storende elementen in het landschap: welke, waar en voor wie? Bijlage bij WOT-paper 1 – Krassen op het landschap
- 152** *Oltmer, K., K.H.M. van Bommel, J. Clement, J.J. de Jong, D.P. Rudrum & E.P.A.G. Schouwenberg.* Kosten voor habitattypen in Natura 2000-gebieden. Toepassing van de methode Kosteneffectiviteit natuurbeleid.
- 153** *Adrichem van, M.H.C., F.G. Wortelboer & G.W.W. Wamelink (2010).* MOVE. Model for terrestrial Vegetation. Version 4.0
- 154** *Wamelink, G.W.W., R.M. Winkler & F.G. Wortelboer.* User documentation MOVE4 v 1.0
- 155** *Gies de, T.J.A., L.J.J. Jeurissen, I. Staritsky & A. Bleeker.* Leefomgevingsindicatoren Landelijk gebied. Inventarisatie naar stand van zaken over geurhinder, lichthinder en fijn stof.
- 156** *Tamminga, S., A.W. Jongbloed, P. Bikker, L. Sebek, C. van Bruggen & O. Oenema.* Actualisatie excretiecijfers landbouwhuisdieren voor forfaits regeling Meststoffenwet
- 157** *Van der Salm, C., L. Boumans, G.B.M. Heuvelink & T.C. van Leeuwen.* Protocol voor validatie van het nutriëntenemissiemodel STONE op meetgegevens uit het Landelijk Meetnet effecten Mestbeleid
- 158** *Bouwma, I.M.* Quicksan Natura 2000 en Programma Beheer. Een vergelijking van Programma Beheer met de soorten en habitats van Natura 2000
- 159** *Gerritsen, A.L., D.A. Kamphorst, T.A. Selnes, M. van Veen, F.J.P. van den Bosch, L. van den Broek, M.E.A. Broekmeyer, J.L.M. Donders, R.J. Fontein, S. van Tol, G.W.W. Wamelink & P. van der Wielen.* Dilemma's en barrières in de praktijk van het natuur- en landschapsbeleid; Achtergronddocument bij Natuurbalans 2009.
- 160** *Fontein R.J., T.A. de Boer, B. Breman, C.M. Goossen, R.J.H.G. Henkens, J. Luttik & S. de Vries.* Relatie recreatie en natuur; Achtergronddocument bij Natuurbalans 2009
- 161** *Deneer, J.W. & R. Kruijne. (2010).* Atmosferische depositie van gewasbeschermingsmiddelen. Een verkenning van de literatuur verschenen na 2003.
- 162** *Verburg, R.W., M.E. Sanders, G.H.P. Dirkx, B. de Knecht & J.W. Kuhlman.* Natuur, landschap en landelijk gebied. Achtergronddocument bij Natuurbalans 2009.
- 163** *Doorn van, A.M. & M.P.C.P. Paulissen.* Natuurgericht milieubeleid voor Natura 2000-gebieden in Europees perspectief: een verkenning.
- 164** *Smidt, R.A., J. van Os & I. Staritsky.* Samenstellen van landelijke kaarten met landschapselementen, grondeigendom en beheer. Technisch achtergronddocument bij de opgeleverde bestanden.
- 165** *Pouwels, R., R.P.B. Foppen, M.F. Wallis de Vries, R. Jochem, M.J.S.M. Reijnen & A. van Kleunen.* Verkenning LARCH: omgaan met kwaliteit binnen ecologische netwerken.
- 166** *Born van den, G.J., H.H. Luesink, H.A.C. Verkerk, H.J. Mulder, J.N. Bosma, M.J.C. de Bode & O. Oenema.* Protocol voor monitoring landelijke mestmarkt onder een stelsel van gebruiksnormen, versie 2009.
- 167** *Dijk, T.A. van, J.J.M. Driessen, P.A.I. Ehlert, P.H. Hotsma, M.H.M.M. Montforts, S.F. Plessius & O. Oenema.* Protocol beoordeling stoffen Meststoffenwet Versie 2.1
- 168** *Smits, M.J., M.J. Bogaardt, D. Eaton, A. Karbauskas & P. Roza.* De vermaatschappelijking van het Gemeenschappelijk Landbouwbeleid. Een inventarisatie van visies in Brussel en diverse EU-lidstaten.
- 169** *Vreke, J. & I.E. Salverda.* Kwaliteit leefomgeving en stedelijk groen.

- 170 *Hengsdijk, H. & J.W.A. Langeveld.* Yield trends and yield gap analysis of major crops in the World.
- 171 *Horst, M.M.S. ter & J.G. Groenwold.* Tool to determine the coefficient of variation of DegT50 values of plant protection products in water-sediment systems for different values of the sorption coefficient
- 172 *Boons-Prins, E., P. Leffelaar, L. Bouman & E. Stehfest (2010)* Grassland simulation with the LPJmL model
- 173 *Smit, A., O. Oenema & J.W.H. van der Kolk.* Indicatoren Kwaliteit Landelijk Gebied
- 2010
- 174 *Boer de, S., M.J. Bogaardt, P.H. Kersten, F.H. Kistenkas, M.G.G. Neven & M. van der Zouwen.* Zoektocht naar nationale beleidsruimte in de EU-richtlijnen voor het milieu- en natuurbeleid. Een vergelijking van de implementatie van de Vogel- en Habitatrichtlijn, de Kaderrichtlijn Water en de Nitraatrichtlijn in Nederland, Engeland en Noordrijn-Westfalen
- 175 *Jaarrapportage 2009.* WOT-04-001 – Koepel
- 176 *Jaarrapportage 2009.* WOT-04-002 – Onderbouwend Onderzoek
- 177 *Jaarrapportage 2009.* WOT-04-003 – Advisering Natuur & Milieu
- 178 *Jaarrapportage 2009.* WOT-04-005 – M-AVP
- 179 *Jaarrapportage 2009.* WOT-04-006 – Natuurplanbureaufunctie
- 180 *Jaarrapportage 2009.* WOT-04-007 – Milieuplanbureaufunctie
- 181 *Annual reports for 2009; Programme WOT-04*
- 182 *Oenema, O., P. Bikker, J. van Harn, E.A.A. Smolders, L.B. Sebek, M. van den Berg, E. Stehfest & H. Westhoek.* Quickscan opbrengsten en efficiëntie in de gangbare en biologische akkerbouw, melkveehouderij, varkenshouderij en pluimveehouderij. Deelstudie van project 'Duurzame Eiwitvoorziening'
- 183 *Smits, M.J.W., N.B.P. Polman & J. Westerink.* Uitbreidingsmogelijkheden voor groene en blauwe diensten in Nederland; Ervaringen uit het buitenland
- 184 *Dirkx, G.H.P. (red.).* Quick responsefunctie 2009. Verslag van de werkzaamheden.
- 185 *Kuhlman, J.W., J. Luijt, J. van Dijk, A.D. Schouten & M.J. Voskuilen.* Grondrijkskaarten 1998-2008
- 186 *Slangen, L.H.G., R.A. Jongeneel, N.B.P. Polman, E. Lianouridis, H. Leneman & M.P.W. Sonneveld.* Rol en betekenis van commissies voor gebiedsgericht beleid.
- 187 *Temme, A.J.A.M. & P.H. Verburg.* Modelling of intensive and extensive farming in CLUE
- 188 *Vreke, J.* Financieringsconstructies voor landschap
- 189 *Slangen, L.H.G.* Economische concepten voor beleidsanalyse van milieu, natuur en landschap
- 190 *Knotters, M., G.B.M. Heuvelink, T. Hoogland & D.J.J. Walvoort.* A disposition of interpolation techniques
- 191 *Hoogeveen, M.W., P.W. Blokland, H. van Kernebeek, H.H. Luesink & J.H. Wisman.* Ammoniakemissie uit de landbouw in 1990 en 2005-2008
- 192 *Beekman, V., A. Pronk & A. de Smet.* De consumptie van dierlijke producten. Ontwikkeling, determinanten, actoren en interventies.
- 193 *Polman, N.B.P., L.H.G. Slangen, A.T. de Blaeij, J. Vader & J. van Dijk.* Baten van de EHS; De locatie van recreatiebedrijven
- 194 *Veeneklaas, F.R. & J. Vader.* Demografie in de Natuurverkenning 2011; Bijlage bij WOT-paper 3
- 195 *Wascher, D.M., M. van Eupen, C.A. Mûcher & I.R. Geijzendorffer.* Biodiversity of European Agricultural landscapes. Enhancing a High Nature Value Farmland Indicator
- 196 *Apeldoorn van, R.C., I.M. Bouwma, A.M. van Doorn, H.S.D. Naeff, R.M.A. Hoefs, B.S. Elbersen & B.J.R. van Rooij.* Natuurgebieden in Europa: bescherming en financiering
- 197 *Brus, D.J., R. Vasat, G. B. M. Heuvelink, M. Knotters, F. de Vries & D. J. J. Walvoort.* Towards a Soil Information System with quantified accuracy; A prototype for mapping continuous soil properties
- 198 *Groot, A.M.E. & A.L. Gerritsen, m.m.v. M.H. Borgstein, E.J. Bos & P. van der Wielen.* Verantwoording van de methodiek Achtergronddocument bij 'Kwalitatieve monitor Systeeminnovaties verduurzaming landbouw'
- 199 *Bos, E.J. & M.H. Borgstein.* Monitoring Gesloten voer-mest kringlopen. Achtergronddocument bij 'Kwalitatieve monitor Systeeminnovaties verduurzaming landbouw'
- 200 *Kennismarkt 27 april 2010; Van onderbouwend onderzoek Wageningen UR naar producten Planbureau voor de Leefomgeving.*
- 201 *Wielen van der, P.* Monitoring Integrale duurzame stallen. Achtergronddocument bij 'Kwalitatieve monitor Systeeminnovaties verduurzaming landbouw'
- 202 *Groot, A.M.E. & A.L. Gerritsen.* Monitoring Functionele agrobiodiversiteit. Achtergrond-document bij 'Kwalitatieve monitor Systeeminnovaties verduurzaming landbouw'
- 203 *Jongeneel, R.A. & L. Ge.* Farmers' behavior and the provision of public goods: Towards an analytical framework.
- 204 *Vries, S. de, M.H.G. Custers & J. Boers.* Storende elementen in beeld; de impact van menselijke artefacten op de landschapsbeleving nader onderzocht.
- 205 *Vader, J. J.L.M. Donders & H.W.B. Bredenoord.* Zicht op natuur- en landschapsorganisaties; Achtergronddocument bij Natuurverkenning 2011.
- 206 *Jongeneel, R.A., L.H.G. Slangen & N.B.P. Polman.* Groene en Blauwe Diensten; Een raamwerk voor de analyse van doelen, maatregelen en instrumenten
- 207 *Letourneau, A.P., P.H. Verburg & E. Stehfest.* Global change of land use systems; IMAGE: a new land allocation module
- 208 *Heer, M. de.* Het Park van de Toekomst. Achtergronddocument bij Natuurverkenning 2011
- 209 *Knotters, M., J. Lahr, A.M. van Oosten-Siedlecka & P.F.M. Verdonschot, 2010.* Aggregation of ecological indicators for mapping aquatic nature quality. Overview of existing methods and case studies.
- 210 *Verdonschot, P.F.M. & A.M. van Oosten-Siedlecka* Graadmeters Aquatische natuur. Analyse gegevenskwaliteit Limnodata
- 211 *Linderhof, V.G.M. & Hans Leneman, 2010.* Quickscan kosteneffectiviteitsanalyse aquatische natuur
- 212 *Leneman, H. V.G.M. Linderhof & R. Michels, 2010.* Mogelijkheden voor het inbrengen van informatie uit de 'KRW database' in de 'KE database'
- 214 *Hoogland, T., R.H. Kemmers, D.G. Cirkel & J. Hunink.* Standplaatsfactoren afgeleid van hydrologische model uitkomsten; Methode-ontwikkeling en toetsing in het Drentse Aa-gebied.
- 215 *Agricola, H.J., R.M.A. Hoefs, A.M. van Doorn, R.A. Smidt & J. van Os.* Landschappelijke effecten van ontwikkelingen in de landbouw
- 216 *Kramer, H., J. Oldengarm en L.F.S. Roupioz.* Nederland is groener dan kaarten laten zien; Mogelijkheden om 'groen' beter te inventariseren en monitoren met de automatische classificatie van digitale luchtfoto's