

DI 192058

NRSP-2
01-40



**Toepassing IKONOS
satellietbeelden in het
Meetnet Landschap**

C.A. Mùcher

H.A.M. Thunnissen

C. de Bont

J. Clement

H. Kramer

A.J.M. Koomen



BCRS 01-40 AGI

COMMISSIE REMOTE SENSING

Toepassing IKONOS satellietbeelden in het Meetnet Landschap

C.A. Mùcher

H.A.M. Thunnissen

C. de Bont

J. Clement

H. Kramer

A.J.M. Koomen

Alterra,

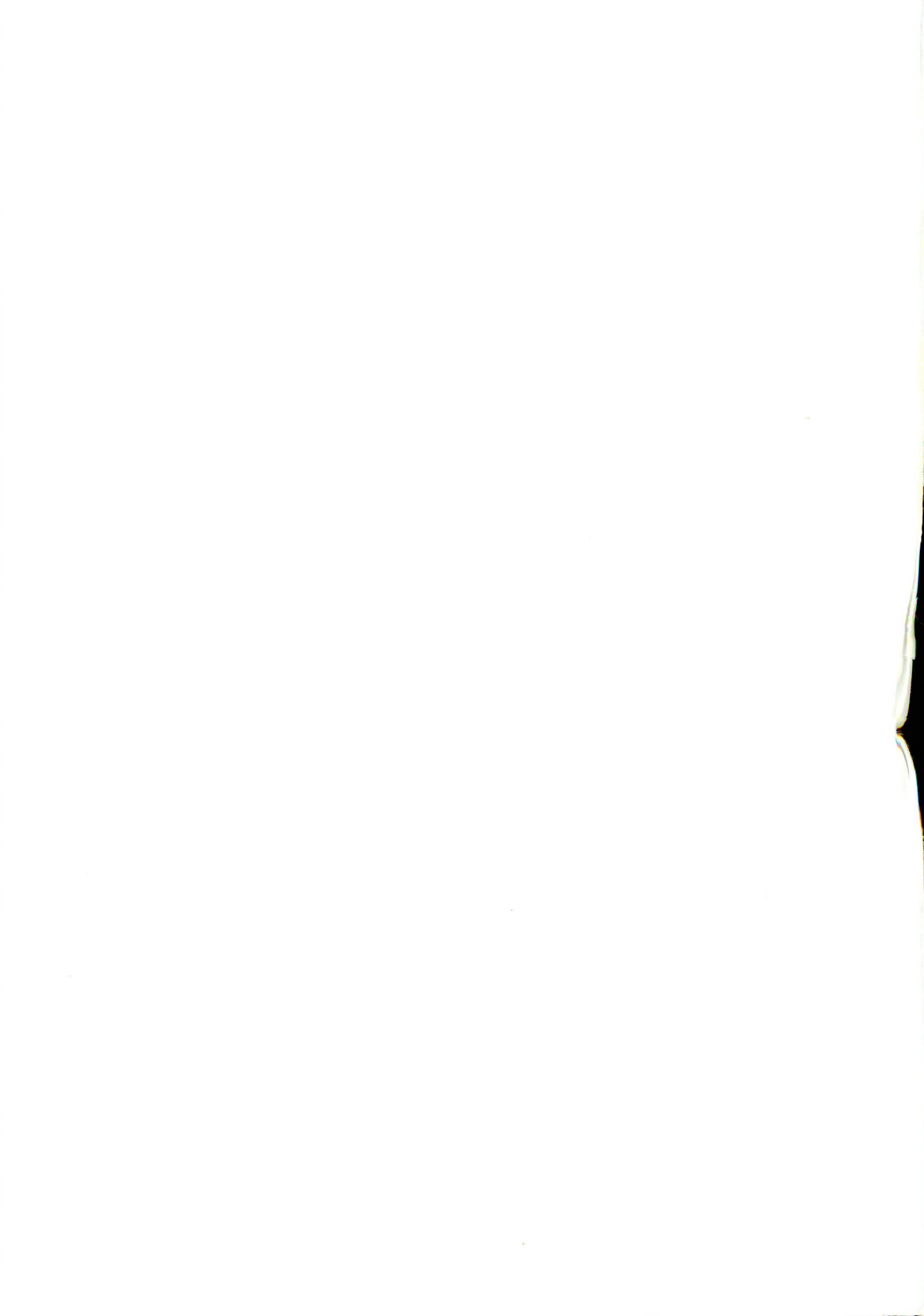
Research Instituut voor de Groene Ruimte

NRSP-2 report 01-40

NRSP-2 project 3.4/DE-06

ISBN 90 54 11 381 2

november 2001



REFERAAT

In deze studie is nagegaan in hoeverre zeer hoge-resolutie satellietbeelden, lees IKONOS, een toegevoegde waarde kunnen hebben ten opzichte van luchtfoto's en de Top10-vector in het *Meetnet Landschap*, waar het de meetdoelen aardkundige, cultuurhistorische, en landschapsecologische waarden betreft. Meeste aandacht was er binnen deze studie voor de kartering van kleine landschapselementen. Er waren twee studiegebieden uitgekozen: Eijsden, gelegen in de Voerstreek in Zuid-Limburg en Gemert, gelegen in de Peelstreek in Oost-Brabant. Voor de twee studiegebieden zijn IKONOS satellietbeelden vergeleken met kleurenluchtfoto's en de informatie in de Top10-vector, AKIS (het Aardkundig Informatie Systeem) en Histland (het Historisch-Geografisch GIS). Er is ook gekeken naar de snelheid in veranderingen van kleine landschapselementen en naar de actualiteit en nauwkeurigheid van de Top10-vector voor deze landschapselementen. Uit deze studie is gebleken dat IKONOS satellietbeelden en luchtfoto's, naast de Top10-vector, belangrijke informatie kunnen verschaffen voor monitoring van kleine landschapselementen, maar minder voor het monitoren van aardkundige of cultuurhistorische waarden. Panchromatische IKONOS satellietbeelden lenen zich beter voor het detecteren van opgaande beplantingen dan de gebruikte (true color) kleurenluchtfoto's met 1m resolutie. Dit komt door het feit dat de panchromatische IKONOS beelden ook in het nabij-infrarood meten. Zowel luchtfoto's als IKONOS satellietbeelden kunnen dienen als basiskaart voor veldwerk, wat de voorbereiding en uitvoering van het veldwerk een stuk efficiënter maakt. Ten tweede kunnen er structuurparameters (bv. breedte, continuïteit, homogeniteit en exacte begrenzingen) uit de ZHRS en /of luchtfoto's worden gehaald die niet op de Top10-vector aanwezig zijn. Ten derde blijkt dat de Top10-vector vaak te onbetrouwbaar is wat betreft kleine landschappelijke elementen. Er moet dus voor veldwerk en/of regionale studies ook gebruik worden gemaakt van ZHRS en/of luchtfoto's. Als actualiteit een belangrijke voorwaarde is is dit een extra argument om gebruik te maken van recente IKONOS satellietbeelden en/of luchtfoto's. Dit omdat uit deze studie en andere is gebleken dat de dynamiek (lees achteruitgang) van vele kleine landschapselementen zeer hoog is. Echter voor verdere inbedding zijn een goed beeldarchief waaruit gebruikers snel data kunnen downloaden en een gunstiger prijsbeleid essentiële voorwaarden voor het succes van IKONOS satellietbeelden.

Trefwoorden: IKONOS, zeer hoge-resolutie satellietbeelden, luchtfoto's, Top10-vector, Meetnet Landschap, landschapsmonitoring, kleine landschapselementen, aardkundige waarden, cultuur-historie

Inhoud

Woord vooraf	9
Samenvatting	11
1 Inleiding	15
2 Beschrijving data en studiegebieden	19
2.1 IKONOS satelliet data	19
2.2 Luchtfoto's	24
2.2.1 Zwart-wit luchtfoto's van de TDN (1998)	24
2.2.2 Zwart-wit luchtfoto's van Aerocarto (1980)	24
2.2.3 Kleuren luchtfoto's van Eurosense (2000)	24
2.3 Digitale topografische kaart 1: 10.000, Top10-vector	25
2.4 Bewerkingen IKONOS satellietbeelden en luchtfoto's	27
2.4.1 Geometrische correctie van luchtfoto's en satellietbeelden	27
2.4.2 Fusion technieken voor de combinatie van panchromatische en multispectrale satellietbeelden	28
2.4.3 Resultaat fusion technieken	29
2.5 Studiegebieden	33
2.5.1 Het studiegebied Eijsden – Limburg	33
2.5.2 Het studiegebied Gemert - Brabant	35
2.6 Veldwerk	35
3 Monitoring kleine landschapselementen	37
3.1 Kleine landschapselementen – een behoefte inventarisatie	37
3.1.1 Programma Beheer	40
3.1.2 Landschapsbeheer Nederland	42
3.2 Vergelijking detectie van kleine landschapselementen uit IKONOS, luchtfoto's en Top10-vector	42
3.2.1 Introductie	42
3.2.2 Wegen	43
3.2.3 Holle wegen, graften en greppels	44
3.2.4 Water	45
3.2.5 Lijnvormige beplantingen	49
3.2.6 Boomgaarden	51
3.2.7 Solitaire bomen	54
3.2.8 Tijdstip opname in het groeiseizoen	55
3.3 Veranderingssnelheid van kleine landschappelijke elementen	56
3.4 Conclusies	63
4 Analyse IKONOS voor actualisatie aardkundige waarden	65
4.1 Inleiding	65
4.2 Gebruik IKONOS voor aardkundige waarden	67

4.3	Conclusie	69
5	Analyse IKONOS voor actualisatie HISTLAND	71
5.1	Inleiding	71
5.2	Historische Geografie en het Topografisch Archief	71
5.3	Het Historisch-Geografisch GIS	72
5.4	IKONOS satellietbeelden en luchtfoto's	74
5.5	De proefgebieden	74
5.6	Historische geografie, topografie en luchtfoto-analyse	76
5.6.1	Relatie historische geografie en topografie	76
5.6.2	Relatie topografie en luchtfoto's	78
5.7	Conclusie	78
6	Kosten en baten analyse voor gebruik IKONOS beelden	79
7	Conclusies en aanbevelingen	83
8	Literatuur	85

Figuren

Figuur 2.1	Vergelijking mozaik van 4 (true-color) kleurenluchtfoto's en één stukje van een (false-color) IKONOS satellietbeeld voor een gedeelte van het studiegebied Gemert.....	19
Figuur 2.2	Beschikbare IKONOS satellietbeelden op 19 Juni 2000 (Informatie NEO)	23
Figuur 2.3	Panchromatische en multispectrale IKONOS satellietbeelden en hun afgeleide (merging) producten in vergelijking met kleurenluchtfoto's van Eurosense voor een detail van het studiegebied Eijsden.....	32
Figuur 2.4	Topografische kaart van studiegebied bij Eijsden, Limburg (bron: Top-10 vector, versie 1999).....	34
Figuur 2.5	Topografische kaart van studiegebied bij Gemert, Brabant (bron: Top10 vector, versie 1998).....	36
Figuur 3.1	Vergelijking informatieinhoud voor wegen met true-color luchtfoto's, een panchromatisch en multispectraal IKONOS satellietbeeld en Top10-vector.....	43
Figuur 3.2	Vergelijking voor holle wegen van kleurenluchtfoto met IKONOS satellietbeeld	44
Figuur 3.3	Voorbeeld vergelijking voor waterwegen op kleurenluchtfoto, IKONOS panchromatisch en multispectraal, en Top10-vector.....	47
Figuur 3.4	Voorbeeld vergelijking poel op kleurenfoto en panchromatisch IKONOS satellietbeeld	48
Figuur 3.5	Voorbeeld vergelijking heggen (paarse lijn) en boomrijen (groene lijn) op kleurenluchtfoto en panchromatisch IKONOS satellietbeeld	50
Figuur 3.6	Voorbeeld vergelijking boomgaarden op kleurenluchtfoto (Juni 2000) en IKONOS panchromatisch satellietbeeld (Mei 2000). Lichtblauw zijn de fruitkwekerijen (laagstamboomgaarden) uit de Top10-vector en paars de hoogstamboomgaarden uit de top10-vector(1999).....	52
Figuur 3.7	Voorbeeld vergelijk solitaire bomen op panchromatisch IKONOS satellietbeeld (Mei 2000) met informatie Top10-vector (1999). Solitaire bomen uit de Top10-vector zijn aangegeven met een gele cirkel als symbool. Fruitkwekerijen (laagstamboomgaarden) zijn als vlakken in lichtblauw aangegeven, Hoogstamboomgaarden zijn als vlakken in het paars weergegeven, Bossen zijn als vlakken in groen aangegeven.	54
Figuur 3.8	Vergelijk van IKONOS satellietbeeld op 19 April 2000 (links) en op 13 Juni 2000 (rechts) in het studiegebied Gemert	55
Figuur 3.9	Ruimtelijke dynamiek van het aantal solitaire bomen op basis van de Top10-vector, versies 1995 en 1999, en interpretatie van IKONOS satellietbeelden.....	59
Figuur 3.10	Topografische kaartbladen uit 1925 voor het studiegebied Eijsden. Deze kaarten komen uit de Historische Atlas Limburg (ROBAS, 1989)	60
Figuur 3.11	Verandering areaal hoogstam boomgaarden in de periode 1940-1999 voor het Nederlandse deel van het studiegebied Eijsden	62
Figuur 4.1	Digitaal bestand met aardkundige waarden (AKIS), met deelleganda voor Gemert	66
Figuur 4.2	IKONOS panchromatische opname van Gemert.....	67
Figuur 4.3	IKONOS panchromatische opname van Gemert met grenzen van digitale aardkundige waarden	67
Figuur 4.4	IKONOS infra-rood opname van Gemert.....	68
Figuur 4.5	IKONOS infra-rood opname van Gemert met grenzen van digitale aardkundige waarden	68
Figuur 5.1	Opbouw van het Cultuurhistorisch GIS, onderdeel historische geografie	72
Figuur 5.2	De historisch-geografische landschappen van Nederland	73
Figuur 5.3	Uitsnede van Gemert en omgeving uit HISTLAND voor de GIS-laag historisch-geografische landschappen. Legenda: zwart: bebouwde kom; donkergrijs: kampenontginning met plaatselijk essen; lichtgrijs: (jonge) heideontginningen	74
Figuur 5.4	Open akker-complexen (rood omljnd) op een recent IKONOS satellietbeeld voor een deel van de gemeente Gemert	75
Figuur 5.5	Combinatie van het IKONOS satellietbeeld met open akker-complexen (omlijnd) en uitsnede HISTLAND.	76
Figuur 5.6	De relatie tussen de topografische aanduiding en de historisch-geografische betekenis van lijnvormige elementen op de topografische kaart (naar De Bont 1986).....	77

Tabellen

Tabel 1.1 Meetdoelen van het Monitoringsysteem Landschap, Meetnet Landschap (Dijkstra, H. en J. Roos-Klein Lankhorst, 1995)	16
Tabel 2.1 IKONOS sensor informatie.....	20
Tabel 2.2 Huidige en komende lanceringen van zeer hoge-resolutie satellietensoren (ZHRS).....	22
Tabel 2.3 Tabel 2.4 Relevante landschapselementen en overeenkomende Top10-vectorklassen en -coderingen (TDN-kode).....	26
Tabel 3.1 Een eerste keuze van belangrijke kleine landschapselementen door EC-LNV	39
Tabel 3.2 Landschapselementen uit het Landschapspakket van Programma Beheer.....	40
Tabel 3.3 Aanvullende regiospecieke landschapselementen waaraan beheerswerk wordt verricht (uit H. Dijkstra et al., 2000)	42
Tabel 3.4 Een aantal sensor parameters voor de twee verschillende IKONOS beelden van het studiegebied Gemert.....	56
Tabel 3.5 Verschil tussen 1995 en 1999 gebaseerd op de Top10- vector voor opgaande beplantingen- lineaire elementen in het studiegebied Eijsden.....	57
Tabel 3.6 Verschil tussen 1995 en 1999 gebaseerd op de Top10- vector voor kleine landschapselementen – niet lineair – in het studiegebied Eijsden.....	57
Tabel 3.7 Verschil in het aantal solitaire bomen in 1999 t.o.v 1995 afgeleid uit de Top10- vector	58
Tabel 3.8 Huidige veranderingen in de Hoogstam Boomgaarden t.o.v. situatie in 1940	61
Tabel 3.9 Afname areaal hoogstam-boomgaarden in de periode 1980-1995. De situatie in 1980 is gebaseerd op oude luchtfoto's van dat jaar.	61
Tabel 6.1 Kosten luchtfoto's en hoge-resolutie satellietbeelden	81

Foto's

Foto 1 Holle weg met en zonder bomenrij.....	45
Foto 2 Poel (voor locatie zie fig3.4).....	48
Foto 3 Voorbeeld van beheerde en onbeheerde heg.....	51
Foto 4 Hoogstamboomgaard	53
Foto 5 Laagstamboomgaard (fruitkwekerij)	53

Bijlagen

Bijlage A Gegevens uit de Top10-vector (1999) voor het studiegebied Eijsden.....	89
Bijlage B Gegevens uit de Top10-vector (1999) voor het studiegebied Eijsden.....	91

Kleurenplaten.....	93
--------------------	----

Woord vooraf

Dit onderzoek is uitgevoerd in het kader van het Nationale Remote Sensing Programma en heeft als officiële titel 'Operationele inbedding van het gebruik van zeer hoge resolutie satellietbeelden in het Meetnet Landschap' (BCRS-kenmerk 3.4/DE-06). Het voor u liggende rapport is een vervolgonderzoek van de pilot-studie 'Mogelijkheden voor kartering van kleine landschapselementen met behulp van hoge-resolutie satellietbeelden en het digitale topgrafische bestand schaal 1: 10.000' (H.A.M. Thunnissen en H. Kramer, 1997). Ten tijde van die pilot-studie waren de zeer hoge-resolutie IKONOS satellietbeelden nog niet beschikbaar en is er gewerkt met gesimuleerde beelden. De echte IKONOS satellietbeelden zijn pas beschikbaar gekomen in het najaar van 2000 voor de twee studiegebieden Gemert (Brabant) en Eijsden (Limburg). Het onderzoek is daarna direct gestart. Het onderzoek werd uitgevoerd binnen het raamwerk van het landschapsmonitoringsysteem, Meetnet Landschap, dat wordt geco-ordineerd door Expertise Centrum LNV (EC-LNV). EC-LNV kan mede op basis van deze studie bekijken of en op welke wijze satellietbeelden en/of luchtfoto's een rol kunnen spelen binnen het Meetnet Landschap en andere monitoringsprogramma's van het Ministerie van LNV. Bovendien kan het gebruik van zeer hoge-resolutie satellietbeelden en/of luchtfoto's mogelijk een rol gaan spelen in het Programma Beheer van LNV.

Dit project is uitgevoerd in opdracht van het EC-LNV. Het project is begeleid door een begeleidingscommissie bestaande uit: Wouter van Heusden (namens DLG), Harry Dijkstra (Alterra) en Henk Baas (Landschapsbeheer Nederland). Namens EC-LNV was Eduard van Beusekom gedelegeerd opdrachtgever en projectleider.

Samenvatting

Het landschapsbeleid van de rijksoverheid is gericht op het behoud, het herstel en de ontwikkeling van een kwalitatief hoogwaardig landschap in Nederland (Ministerie van LNV, 2000). Om een goed beleid te kunnen voeren is het nodig inzicht te hebben in de 'toestand van het landschap' en in de veranderingen die daarin plaatsvinden. Door EC-LNV wordt in samenwerking met ondermeer Alterra gewerkt aan het monitoringsysteem *Meetnet Landschap* (EC-LNV, 2001)

In onderhavige studie is nagegaan in hoeverre zeer hoge-resolutie IKONOS satellietbeelden (ZHRS) en luchtfoto's een toegevoegde waarde kunnen hebben in het Meetnet Landschap. Speciale aandacht is er voor de kartering van kleine landschapselementen. De meerwaarde van IKONOS satellietbeelden en luchtfoto's is onderzocht ten opzichte van het digitale topografische bestand, schaal 1 : 10.000 (Top10-vector). Twee locaties zijn hiervoor uitgekozen. Het eerste studiegebied ligt in de Voerstreek bij Eijsden in Zuid-Limburg. Het tweede studiegebied ligt in het Peelgebied bij Gemert in Oost-Brabant. De keuze voor de twee studiegebieden werd medebepaald door de beperkte beschikbaarheid van IKONOS satellietbeelden voor Nederland op het moment van de studie.

Kleine landschapselementen (bijv. heggen, bomenrijen, houtwallen, sloten en poelen) spelen een belangrijke ecologische en esthetische rol in het Nederlandse landschap. Dit wordt niet alleen erkend in de LNV Nota 'Natuur voor mensen, mensen voor natuur' (Ministerie van LNV, 2000) maar komt ook tot uiting in spontane acties als "Bomen voor koeien" en "Schaduw voor schapen" – een gemeenschappelijke actie van Stichting wAarde, Vara's Vroege Vogels en Landschapsbeheer Nederland. Een belangrijk beleidsinstrument zijn de subsidieregelingen voor landschapselementen, zoals verwoord in de landschapspakketten van het Programma Beheer. Voor veel planten en dieren vormen de kleine landschapselementen een belangrijk onderdeel van hun natuurlijke habitat of vormen een laatste refugium. Kleine landschapselementen zijn vaak belangrijke verbindingselementen (stepping stones of corridors) in het landschap en vormen daarmee de ruggengraat van een ecologische infrastructuur in het overwegend agrarische deel van het landelijke gebied. Ook voor de beleving en waardering van het landschap door de mens spelen deze kleine landschapselementen vaak een belangrijke rol. Toch is het zo dat de kwaliteit en het aantal kleine landschapselementen in het agrarische gebied al sinds de eerste helft van de 20^{ste} eeuw sterk achteruit hollen. In de Natuurbalans 2001 en de Natuurverkenning 1997 wordt vaker vermeld dat het Nederlandse landschap aan het vervlakken is. Dit betekent dat enerzijds de karakteristieke open landschappen, zoals de laagveengebieden, hun openheid verliezen o.a. door de toenemende verstedelijking en bebouwing en anderzijds de gesloten kleinschalige landschappen, zoals de kamponginningsgebieden, hun geslotenheid verliezen door het verdwijnen van kleine landschapselementen (bijv. houtwallen en heggen).

Het gericht monitoren van kleine landschapselementen is dan ook van groot belang. Huidige en eerdere studies wijzen er al op dat er grote verschillen bestaan tussen de informatie op de topografische kaarten en de werkelijke situatie in het veld, met name voor lijnvormige beplantingen. Daarnaast kan de actualiteit van topografische bestanden voor sommige toepassingen een probleem vormen. Of te wel, voor het opzetten van een landschapsmonitoringssysteem kan men niet alleen op de Top10-vector vertrouwen.

Normaliter is het gemakkelijker om aan recente satellietbeelden te komen (juist door continuïteit in opnames) dan om aan recente luchtfoto's. Helaas is dit wat betreft het snel verkrijgen van IKONOS satellietbeelden nog niet erg realistisch. Vooral het slechte functioneren van Space Imaging Europe en het gevoerde beleid van Space Imaging International is hier debet aan. Een goed beeldarchief waaruit gebruikers snel data kunnen downloaden en een gunstiger prijsbeleid zijn essentiële voorwaarden voor het succes van IKONOS satellietbeelden. Dat snelle beschikbaarheid in de praktijk wel mogelijk is blijkt uit de zeer snelle publicatie van IKONOS satellietbeelden van vlak voor en vlak na de verwoesting van de Twin Towers in New York. Een positieve ontwikkeling is dat de komende jaren meerdere zeer hoge-resolutie satellietensoren zullen worden gelanceerd wat de kans op de beschikbaarheid van beelden zal vergroten en de prijzen waarschijnlijk zal laten zakken. Voor de komende 10 jaar zijn vele zeer hoge-resolutie satellietensoren gepland. Bovendien heeft de Quickbird2 (geplande lancering 18 October 2001) al een ruimtelijke resolutie van 0.6 meter voor panchromatische beelden. Dit is een groot voordeel omdat in het algemeen gesteld kan worden dat de luchtfoto's tot nu toe een hogere ruimtelijke resolutie hebben dan de ZHRS-beelden. In het algemeen kan worden gesteld dat veel kleine landschapselementen met hoge nauwkeurigheid uit ZHRS-beelden *visueel* kunnen worden afgeleid. Bij (gesloten) lijnvormige beplanting is onderbegroeiing niet waar te nemen. De spectrale resolutie heeft in het algemeen weinig invloed op de herkenbaarheid en waarneembaarheid van de diverse kleine landschapselementen, in tegenstelling tot de ruimtelijke resolutie en de opnameperiode, die respectievelijk een zeer grote en aanzienlijke invloed hebben. Het optreden van schaduw vergroot in sommige gevallen de herkenbaarheid en waarneembaarheid van opgaande elementen. Het naast elkaar voorkomen van lijnvormige elementen vermindert de herkenbaarheid vaak aanzienlijk. Toch blijft veldinformatie in de meeste gevallen onontbeerlijk.

Voor de twee studiegebieden zijn IKONOS satellietbeelden vergeleken met luchtfoto's en de informatie in de TOP10-vector, AKIS (Aardkundig Informatie Systeem) en Histland (Historisch-Geografisch GIS). Bovendien is er gekeken naar de dynamiek in veranderingen van kleine landschapselementen en de actualiteit en nauwkeurigheid van de Top10-vector voor deze elementen. Uit deze studie is gebleken dat IKONOS satellietbeelden en luchtfoto's, naast de Top10-vector, belangrijke informatie kunnen verschaffen voor monitoring van kleine landschapselementen maar echter minder voor het monitoren van aardkundige en historisch-geografische waarden. IKONOS satellietbeelden en/of luchtfoto's kunnen dienen als basiskaart voor veldwerk, wat de voorbereiding en uitvoering van het veldwerk een stuk efficiënter maakt. Ten tweede kunnen er structuurparameters (bv.

breedte, continuïteit, homogeniteit en exacte begrenzingen) uit de ZHRS en/of luchtfoto's worden gehaald die niet op de Top10-vector aanwezig zijn. Ten derde blijkt dat de Top10-vector vaak onbetrouwbaar is voor specifieke kleine landschappelijke elementen. Er moet dus voor veldwerk en/of regionale studies ook gebruik worden gemaakt van ZHRS en/of luchtfoto's. Als actualiteit een belangrijke voorwaarde is is dit een extra argument om gebruik te maken van recente IKONOS satellietbeelden en/of luchtfoto's. Dit omdat uit deze studie en studies over het veranderend landschap (Dijkstra et al., 1997) is gebleken dat de dynamiek (lees achteruitgang) van vele kleine landschapselementen zeer groot is.

Door (elementen uit) de Top10-vector te projecteren op de ZHRS-beelden kan afhankelijk van de vraagstelling vanuit het beleid de specifiek gewenste informatie snel en gericht uit de satellietbeelden worden afgeleid en worden gepresenteerd op een op het beleid afgestemde wijze (bijv. de locatie en aard van in de tijd opgetreden veranderingen). Bij operationalisatie moeten de monitoringsresultaten uiteindelijk bruikbare en kwantitatieve gegevens opleveren. Tot op heden zal dit moeten gebeuren door visuele interpretatie in combinatie met aanvullende thematische informatie en/of veldwerk. Voor verdere toepassing is het noodzakelijk dat het monitoren met ZHRS-beelden en/of luchtfoto's wordt ingebed in het Meetnet Landschap.

1 Inleiding

Het belangrijkste doel van deze studie is antwoord te geven op de vraag in hoeverre zeer hoge-resolutie satellietbeelden (ZHRS), lees IKONOS, een toegevoegde waarde kunnen hebben ten opzichte van luchtfoto's en de Top10-vector in het *Meetnet Landschap*, waar het de meetdoelen aardkundige, cultuurhistorische en landschapsecologische waarden betreft. Meeste aandacht binnen deze studie is er voor de kleine landschappelijke elementen. Er zijn twee testgebieden uitgekozen; Eijsden, gelegen in de Voerstreek (Zuid-Limburg), en Gemert, gelegen in de Peelstreek (Oost-Brabant). Hieronder wordt verder ingegaan op de achtergrond van het Nederlandse landschapsbeleid, het Meetnet Landschap en de nieuwe technologische ontwikkelingen binnen de aardobservatie, de zogenaamde zeer hoge resolutie satellietensoren, die mogelijk een belangrijke rol kunnen gaan spelen in het monitoren van de (on)gewenste ontwikkelingen in ons Nederlandse landschap.

Het landschapsbeleid van de rijksoverheid wordt in hoofdlijnen beschreven in de nota 'Natuur voor mensen, mensen voor natuur' (Ministerie van LNV, 2000). De behoefte aan het voeren van landschapsbeleid komt voort uit de bezorgdheid over de kwaliteit van het landschap in Nederland. Het landschap staat voortdurend onder druk ten gevolge van alle veranderingen die plaatsvinden vanuit de behoeften van de samenleving. Een aantal historische, huidige en te verwachten ruimtelijke ontwikkelingen hebben gevolgen die door het landschapsbeleid als negatief worden beschouwd. Veranderingen zoals intensivering van het grondgebruik hebben mede tot gevolg (gehad):

- Verstedelijking van het landschap
- Versnippering van het landschap
- Verstoring, verdwijning en aftakeling van historisch gegroeide landschapsstructuren
- Aantasting van reliëf en aardkundige waarden
- Nivellering in verscheidenheid van landschapstypen.

Een ander BCRS project 'Mogelijkheden voor inschakeling van hoge-resolutie satellietbeelden bij monitoring verstedelijking' (Kramer en Berg, 2001) richt zich juist op de verstedelijking van landschap, terwijl het voor u liggende rapport zich richt op het monitoren van cultuurhistorische, aardkundige en landschapsecologische waarden in het landschap, met nadruk op het laatste aspect. Het moet u duidelijk zijn dat al deze aspecten samenhangen voor het behoud, herstel en ontwikkeling van een kwalitatief hoogwaardig landschap in Nederland.

Door een offensieve landschapsstrategie wordt gewerkt aan het benutten van kansen voor verbetering van de landschapskwaliteit. Landschapsbeheer Nederland speelt hierin ook een rol en deze organisatie stimuleert en coördineert onder meer de aanleg en het beheer van landschapselementen via de twaalf provinciale stichtingen. Belangrijke uitvoeringsinstrumenten van de overheid zijn de subsidieregelingen

Natuurbeheer 2000 en het Agrarisch Natuurbeheer, verwoord in de verschillende doelpakketten van het Programama Beheer (DLG, 1999). Om een goed beleid te kunnen voeren is het echter wel nodig inzicht te hebben in de huidige toestand van het landschap en de veranderingen daarin en toezicht te hebben op de uitvoering van de verschillende subsidieregelingen.

Het *Meetnet Landschap* biedt zo'n raamwerk en levert de mogelijkheid tot het vroegtijdig en betrouwbaar signaleren van belangrijke ontwikkelingen in het landschap, zodat beoordeeld kan worden in hoeverre de door het beleid gestelde doelen zijn gerealiseerd en het landschapsbeleid kan worden verbeterd (Dijkstra en Roos-Klein Lankhorst, 1995). Het Monitoringsysteem Meetnet Landschap is in werking (EC-LNV, 2001) en wordt nog verder ontwikkeld en bestaat uit een samenstel van 9 meetdoelen (zie tabel 1.1).

Tabel 1.1 Meetdoelen van het Monitoringsysteem Landschap, Meetnet Landschap (Dijkstra, H. en J. Roos-Klein Lankhorst, 1995)

Nr	Meetdoelen	Beschrijving
1	Monitoring beleving	Het meten van (veranderingen in) de waardering (beleving en gebruik) van de bevolking voor het landschap
2	Cultuurhistorische monitoring	Het signaleren van veranderingen in kenmerkende cultuurhistorische patronen en bijbehorende elementen in het landschap
3	Cultuurhistorische schouw	Het volgen van de onderhoudstoestand van cultuurhistorische elementen
4	Monitoring Aardkundige waarden	Het signaleren van veranderingen in kenmerkende aardkundige patronen en bijbehorende elementen in het landschap
5	Monitoring schaalkenmerken	Het signaleren van veranderingen in identiteit-bepalende schaalkenmerken van het landschap
6	Monitoring landschapsecologische patronen	Het signaleren van veranderingen in kenmerkende landschapsecologische patronen (ecosecties)
7	Monitoring ruimtegebruik in relatie tot het landschap	Het volgen van veranderingen in het ruimtegebruik, in relatie tot de bruikbaarheid en draagkracht van het landschap.
8	Monitoring verstedelijking	Het signaleren van (sluipende) verstedelijking in het landelijke gebied
9	Monitoring landschapsvernieuwing	Het gericht volgen van nieuwe ontwikkelingen in de landschapsverbeterings- en aandachtsgebieden.

Voor het bereiken van de meerderheid van deze meetdoelen speelt het digitale topografische bestand 1:10 000 (Top10-vector) een centrale rol. Uitgangspunt is om de landschapsmonitoring eens in de 4 of 8 jaar uit te voeren. Het Meetnet Landschap is in de eerste plaats ontworpen voor monitoring op landelijke schaal. Het monitoringssysteem dient echter tevens bruikbare informatie te leveren voor andere overheden en organisaties (provincies, gemeenten en particuliere organisaties) die belast zijn met de uitvoering van het landschapsbeleid op lokale of regionale schaal.

Uit vergelijking van de Top10-vector met luchtfoto's is gebleken dat er met name wat betreft lijnvormige beplantingen vaak grote verschillen bestaan tussen beide bronnen (Bakermans, 1986 en Thunnissen en Kramer, 1997):

1. Lijnvormige elementen zijn niet altijd correct opgenomen of ontbreken soms geheel in de top-10 vector.
2. Luchtfoto's tonen eigenschappen van lijnvormige beplantingen, zoals kroonbreedte en openheid, die in de top-10 vector ontbreken.
3. Recente luchtfoto's kunnen aanzienlijk actuelere informatie verschaffen dan de top-10 vector.

Veranderingen van het beplantingspatroon in de tijd kunnen deze verschillen slechts gedeeltelijk verklaren. Rumpff (1991) adviseert naar aanleiding van deze studies om bij onderzoeken waarbij een grote nauwkeurigheid is vereist omtrent de plaats en de kwantiteit van beplantingen, naast de topografische kaart, gebruik te maken van luchtfoto's en veldwerk. Wat betreft kleine landschapselementen leveren luchtfoto's de meest gedetailleerde informatie. Door middel van scannen kan een foto worden omgezet in een digitaal beeld. Op een digitale foto kunnen gemakkelijk automatische bewerkingen, zoals geometrische correcties of contrastverbetering, worden toegepast. De noodzakelijke geometrische (ortho) correctie van grote aantallen afzonderlijke luchtfoto's blijft echter zeer tijdrovend. De grote benodigde verwerkings- en opslagcapaciteit bij het gebruik van digitale luchtfoto's zal steeds minder een probleem vormen, omdat computers steeds krachtiger worden en de opslagcapaciteit steeds goedkoper wordt.

Zeer hoge-resolutie satellietbeelden (ZHRS) bieden in principe goede mogelijkheden voor de waarneming van kleine landschapselementen in tegenstelling tot Landsat-TM en SPOT satellietopnamen met een ruimtelijke resolutie van respectievelijk 30 en 20 m. Deze zijn daarmee wel geschikt voor waarneming van landschapselementen, zoals bossen en steden, maar niet voor het detecteren van lijnvormige beplantingen (Van der Laan et al., 1986; Farjon et al., 1987 en Dirx et al., 1989, Thunnissen et al., 1992). Sinds kort zijn echter satellietbeelden beschikbaar met een zeer hoge ruimtelijke resolutie. De Amerikaanse satelliet IKONOS is de eerste satelliet voor civiele toepassingen met een detail van 1 meter, wat betekent dat auto's en individuele bomen kunnen worden waargenomen. De satelliet is op 24 September 1999 succesvol gelanceerd door het Amerikaanse bedrijf Space Imaging, na een mislukte eerste lancering op 28 April 1999. Dit soort satellietbeelden zijn voor elke gewenste plek in de wereld te bestellen. Een groot voordeel van deze zeer hoge-resolutie satellietbeelden (ZHRS) ten opzichte van digitale luchtfoto's is dat ze regelmatig beschikbaar komen (om de ongeveer 5 dagen kan een opname van een specifiek

gebied worden gemaakt), grote oppervlakten kunnen beslaan en relatief weinig geometrische verstoringen vertonen. Voor Europa kwamen de beelden in 2000 slechts mondjesmaat beschikbaar en vielen de prijzen van 36,- gulden per km² nogal tegen. Op dit moment kosten de beelden zelfs 52,- US dollar per km² door het wegvallen van Space Imaging Europe. Het valt te verwachten dat met de komst van een groot aantal concurrende hoge-resolutie satelliet sensoren in de nabije toekomst de prijzen weer omlaag zullen gaan.

In dit rapport wordt verslag gedaan van een onderzoek naar de mogelijkheden van geïntegreerde toepassing van zeer hoge-resolutiesatellietbeelden (ZHRS-beelden) en de Top10-vector voor het monitoren van aardkundige, cultuurhistorische en landschapsecologische waarden in het agrarisch cultuurlandschap. Voor kleine landschapselementen wordt het IKONOS beeldmateriaal vergeleken met de tot ons beschikbare luchtfoto's. Dit omdat vanuit de BCRS de vraag centraal is wat de toegevoegde waarde van IKONOS satellietbeelden to.v. luchtfoto's en Top10-vector is en hoe deze toegepast kunnen worden binnen het Meetnet Landschap. In Hoofdstuk 2 worden het gebruikte materiaal en de twee studiegebieden Eijsden en Gemert beschreven. Hoofdstuk 3 gaat in op de behoeften van verschillende gebruikers voor het monitoren van kleine landschapselementen. Vervolgens wordt het monitoren van kleine landschapselementen met IKONOS satellietbeelden geanalyseerd en vergeleken met luchtfoto's en de TOP10-vector. Aan het eind van het hoofdstuk wordt ingegaan op de dynamiek van een aantal geselecteerde landschapselementen. In hoofdstuk 4 wordt een analyse gemaakt van de mogelijkheden van IKONOS satellietbeelden voor de actualisatie van aardkundige waarden. In Hoofdstuk 5 wordt een analyse gemaakt van de mogelijkheden van IKONOS satellietbeelden voor de actualisatie van historisch-geografische waarden. Dit gebeurt aan de hand van het HISTLAND bestand. In hoofdstuk 6 wordt er ingegaan op de kosten van IKONOS satellietbeelden in vergelijking met luchtfoto's, die een stempel drukken op de verdere verankering van IKONOS satellietbeelden binnen het Meetnet Landschap. Het laatste hoofdstuk bevat discussie en aanbevelingen.

2 Beschrijving data en studiegebieden

2.1 IKONOS satelliet data

Na de mislukte lancering van IKONOS-1 op 28 April 1999 is de lancering van de IKONOS-2 op 24 September 1999 succesvol verlopen. Met deze nieuwe generatie van zeer hoge-resolutie satellietsensoren is er een nieuwe fase aangebroken in de aardobservatie. De IKONOS satellietbeelden worden commercieel geëxploiteerd door het bedrijf Space Imaging Inc., Colorado, USA (www.spaceimaging.com).



A) Mosaic van kleurenluchtfo's, Eurosense, 2000

B) Voorbeeld van een gecombineerd panchromatisch en multispectraal IKONOS satellietbeeld (Pricipal Component merge)

Figuur 2.1 Vergelijking mozaik van 4 (true-color) kleurenluchtfoto's en één stukje van een (false-color) IKONOS satellietbeeld voor een gedeelte van het studiegebied Gemert. (Kleurenplaat in Bijlage C)

De IKONOS satelliet levert panchromatische beelden (pan) met een ruimtelijke resolutie van 1 meter en multi-spectrale beelden (ms) met een resolutie van 4 meter. De multi-spectrale beelden hebben 4 kanalen, het eerste kanaal registreert in het blauwe gedeelte van het zichtbare licht, het tweede kanaal in het groene, het derde

kanaal in het rode en het vierde kanaal in het nabij-infrarode gedeelte van het elektromagnetisch spectrum. In Tabel 2.1 wordt informatie over de IKONOS sensor beschreven.

In de loop van 2000 zijn er langzamerhand door Space Imaging meer IKONOS satellietproducten op de markt gebracht. De hoge resolutie en de afmeting van een IKONOS satellietbeeld bieden nu een alternatief voor de traditionele luchtfoto's (zie figuur 2.1 als voorbeeld). Bovendien bieden de multi-spectrale IKONOS beelden betere mogelijkheden voor thematische classificatie (bijvoorbeeld het berekenen van een vegetatieindex).

Tabel 2.1 IKONOS sensor informatie

IKONOS sensor informatie	
Lancering	
IKONOS-1	28 April 1999 – mislukt
IKONOS-2	24 September 1999
Sensor modes	Panchromatisch en multispectraal
Ruimtelijke resolutie	Panchromatisch: 1 meter Multispectraal: 4 meter (geldig voor kijkhoeken < 26 graden)
Spectrale resolutie	Panchromatisch: 0.45 – 0.9 microns Multispectraal Band 1, Blauw 0.45 – 0.52 (microns) Band 2, Groen 0.52 – 0.60 Band 3, Rood 0.63 – 0.69 Band 4, Nabij-Infrarood 0.76 – 0.90
Radiometrische resolutie	11 bits (voor zowel panchromatisch als multispectraal)
Scene informatie	
Nominale breedte	11 kilometer
Nominale beeldgrootte	11 * 11 kilometer
Mogelijke beeldafmetingen	Er zijn 3 acquisitie modulen Image_mode: 11 * 11 km Strip_mode: van 11 * 100 km tot 11*1000 km Mosaic_mode: mosaics zijn mogelijk tot 12000 km ²
Geometrische nauwkeurigheid	12m horizontaal en 10m verticaal zonder GCP's 2m horizontaal en 3m verticaal met GCP's

Orbit gegevens	
Hoogte	681 km
Snelheid	25.200 km/uur
Orbit type	Zon synchroom
Inclínatie-hoek	98.1 graden
Orbit tijd	98 minuten
Baanrichting	Van Noord naar Zuid (Descending nodal crossing time 10:30 AM)
Overkomstfrequentie	Ongeveer 5 dagen (voor 50 graden noorderbreedte)

IKONOS-2 is de eerste succesvol gelanceerde zeer hoge-resolutie satelliet (ZHRS) van enkele voor de komende 10 jaar geplande en commercieel gebouwde en geëxploiteerde Amerikaanse hoge-resolutiesatellieten (tabel 2.2). Deze satellieten zullen panchromatische opnamen maken met een ruimtelijke resolutie van 0,6 tot 4 m en multi-spectrale opnamen met een resolutie van 4 tot 15 m. Verder moeten de Franse SPOT-5- en de Indiase IRS-1C-satelliet worden genoemd. SPOT-5 gaat panchromatische opnamen maken met een ruimtelijke resolutie van 5 m, terwijl de IRS-C satelliet reeds panchromatische opnamen maakt met een ruimtelijke resolutie van 5,7 m (tabel 2.2). Daarnaast zal SPOT-5 multi-spectrale opnamen maken met een ruimtelijke resolutie van 10 m. Opvallend is dat de meeste van deze hoge-resolutiesatellieten zwart-wit opnamen maken met een spectraal bereik tot in het nabij-infrarode deel van het spectrum (tabel 2.2). Een dergelijk breed spectraal bereik was tot nu toe niet gebruikelijk. Een belangrijke reden hiervoor is de hoge (contrasterende) reflectie van de vegetatie in het nabij-infrarood. Hierdoor kan men de vegetatie beter identificeren en karakteriseren.

Met deze nieuwe satellietssystemen worden de tijdsintervallen tussen mogelijke opnames van eenzelfde gebied aanmerkelijk ingekort. Dit wordt ook bereikt door de opnamehoek van de sensor instelbaar te maken (zoals bij IKONOS en SPOT het geval is). Doordat beelden zowel verticaal als onder een hoek kunnen worden opgenomen, kunnen, indien gewenst, stereo-beelden worden verkregen waaruit *hoogte-informatie* kan worden afgeleid. Echter bij een grotere kijkhoek vermindert de ruimtelijke resolutie van de gemaakte opnamen.

Tabel 2.2 Huidige en komende lanceringen van zeer hoge-resolutie satellietsensoren (ZHRS)

Satelliet	Lancering	Beeld grootte (km) Pan	Spectrale banden		Resolutie (m)	
			Pan	MS	Pan	MS
IRS-1C	28-12-1996	70*70	Pan		5.7	
IKONOS-2	24-9-99	11*11	0.45-0.9	0.45-0.52 0.52-0.60 0.63-0.69 0.76-0.90	1	4
EROS A1	Begin 2001	12.5*12.5			1.8	
Early Bird	Mislukt?	6*6	0.45-0.8	0.50-0.59 0.61-0.68 0.79-0.89	3	15
Orbview4	12-08-2001	8*8	0.45-0.90	0.45-0.52 0.52-0.60 0.63-0.70 0.76-0.90 +Hyper spect.(200 ch)	1.0	4.0
Orbview3	Herfst 2001	8*8	0.45-0.90	0.45-0.52 0.52-0.60 0.63-0.70 0.76-0.90	1.0	4.0
Quickbird2	18-10-2001	32*32	0.45-0.89	0.45-0.52 0.52-0.60 0.63-0.69 0.76-0.89	0.61	2.5
EROS B1-B6	2002-2004	16*16			0.82	
SPOT-5	?	60*60	0.51-0.73	0.50-0.59 0.61-0.68 0.79-0.89	5.0	10.0

De keuze voor de uiteindelijke studiegebieden werd zeer sterk bepaald door de beperkte beschikbaarheid van IKONOS satellietbeelden voor Nederland op het moment van deze studie. In de onderstaande figuur wordt de situatie weergegeven voor de beschikbare IKONOS satellietbeelden op 19 Juni 2000 (moment van bestelling).



Figuur 2.2 Beschikbare IKONOS satellietbeelden op 19 Juni 2000 (Informatie NEO).

Op basis van de beschikbare IKONOS satellietbeelden in Juni 2000 en de bijzonderheid van het landschap zijn Gemert (BR.) en Eijsden (L.) als studiegebieden uitgekozen. Voor het studiegebied Eijsden is er één IKONOS beeld gebruikt, namelijk van begin Mei 2000. Voor het studiegebied Gemert zijn 2 IKONOS beelden gebruikt, namelijk 19 April 2000 en 13 Juni 2000.

2.2 Luchtfoto's

2.2.1 Zwart-wit luchtfoto's van de TDN (1998)

De zwart-wit foto's van de Topografische Dienst Nederland (TDN) zijn opgenomen met een schaal van 1:18.000 en vervolgens gescand op 254 dpi (overeenkomend met een resolutie van 1 meter). Ieder jaar wordt voor ca. 25% van Nederland nieuwe opnamen gemaakt zodat een luchtfoto variërend van minimaal 1 tot maximaal 4 jaar in actualiteit achter loopt. De bestandsgrootte per foto bedraagt ca. 12 Mb. Voor een landsdekkend bestand zijn 3000 foto's nodig.

Van de Topografische Dienst zijn twee luchtfoto's ontvangen voor het studiegebied Gemert. De opnamen zijn van 1 Februari 1998 en zijn met 720 dpi gescand (bestandsgrootte 48 Mb.). Deze opnamen zijn echter niet gebruikt binnen deze studie omdat zij pas begin April 2001 werden ontvangen en geometrisch nog niet gecorrigeerd waren. Er werd op dat moment voorkeur gegeven aan het gebruik van Eurosense kleurenfoto's. Niet alleen omdat de Eurosense kleurenfoto's wel al geometrisch gecorrigeerd waren, maar ook omdat zij van hetzelfde jaar (2000) waren als de IKONOS satellietbeelden (zie paragraaf 2.2.3).

2.2.2 Zwart-wit luchtfoto's van Aerocarto (1980)

KLM Aerocarto heeft een uitgebreid en waardevol archief van over de afgelopen 80 jaar. KLM Aerocarto heeft tot op heden meer dan 150.000 oblique luchtfoto's gemaakt en in eigen beheer bewaard. Voor het verbeteren van de ontsluiting van dit unieke archief zijn alle metagegevens over deze luchtfoto's in een database gestopt (www.klmaerocarto.com).

De zwart-wit luchtfoto's die voor het studiegebied Eijsden zijn gebruikt zijn van Mei 1980 en hebben een schaal 1:18.000. Deze luchtfoto's zijn in huis gescand en daarna geometrisch gecorrigeerd aan de hand van de TOP10-vector.

2.2.3 Kleuren luchtfoto's van Eurosense (2000)

De kleuren luchtfoto's van Eurosense zijn van Juni 2000 en hebben een schaal van 1:25.000. De gescande bestanden hebben een resolutie van 1 meter. Eén kleurenfoto beslaat een gebied van 4 bij 4 km en heeft een omvang van 48 Mb. Voor een landsdekkend bestand zijn 2500 foto's nodig. De omvang van een landsdekkend bestand bedraagt dus 120 Gb. De luchtfoto's zijn geometrisch gecorrigeerd, maar niet als ortho-foto en er heeft ook geen fotogrammetrische correctie plaatsgevonden (voor o.a. lichtafval). De luchtfoto's zijn aangeschaft binnen het BRP (Basis Registratie Percelen) project en er is toestemming gevraagd om van deze luchtfoto's gebruik te mogen maken voor de studiegebieden Eijsden en Gemert.

2.3 Digitale topografische kaart 1: 10.000, Top10-vector

De Topografische Dienst in Emmen (TDN) vervaardigt de digitale topografische kaart schaal 1:10.000 (Top10-vector), en bestaat uit vier Arc/Info-bestanden, te weten:

- *Deelbestand vlak.* Dit deelbestand bevat alle topografische vlakelementen met zowel vlak- als lijnattribuutgegevens (bijv. vlak = weiland, vlakgrens = weg). Aan de vlakgrens kunnen meerdere lijn attribuutgegevens gekoppeld zijn (TDN noemt deze bijcodes). Dit betreft topografische lijnelementen die evenwijdig aan een vlakgrens lopen. De geometrie van deze lijn wordt niet apart opgeslagen. Er wordt alleen aangegeven of de lijn links of rechts naast de vlakgrens ligt (bijv. vlakgrens = weg, lijn links = sloot, lijn rechts = bomenrij).
- *Deelbestand lijn.* Dit deelbestand bevat alle topografische lijnelementen die geen relatie hebben met een vlakgrens.
- *Deelbestand huis.* Dit deelbestand bevat alle vrijstaande bebouwing.
- *Deelbestand symb.* Dit deelbestand bevat alle topografische puntelementen (bijv. los staande bomen).

De landschapselementen die binnen dit project van belang zijn, kunnen dus in een of meerdere deelbestanden voorkomen. Tabel 2.3 bevat een overzicht van de voor dit onderzoek relevante landschapselementen en de overeenkomende klassen uit de Top10-vector (Topografische Dienst, 1998). De geometrische nauwkeurigheid van de Top10-vector bedraagt ca. 5m (0,5 mm tekennauwkeurigheid).

Voor het studiegebied Eijsden zijn Top10-vectorkaartbladen T69C en T69D gebruikt. Voor het studiegebied Eijsden zijn de uitgaven van 1995 en 1999 beschikbaar. Voor het studiegebied Gemert zijn de Top10-vectorkaartbladen 45HZ1, 45HZ2, 56CZ1, 51FN1, 51FN2, 52AN1, 51FZ1, 51FZ2, 52AZ1 gebruikt. Voor Gemert was alleen de uitgave van 1998 beschikbaar.

Tussen de opname van de luchtfoto's en publicatie van de Top10-vector van hetzelfde gebied ligt een periode van 6 à 16 maanden. Het is de bedoeling dat vanaf 1 januari 1998 alle bladen eenmaal in de vier jaar worden geactualiseerd.

Table 2.3 Tabel 2.4 Relevante landschapselementen en overeenkomende Top10-vectorklassen en -coderingen (TDN-kode)

Landschapselement	TDN-kode*	Top10-vectorklasse	Type
(on)verharde wegen smaller dan 6 m en tussen 6 en 10 m breed	230	hoofdverbindingsweg, breder dan 7 m	Vlak
	240	hoofdverbindingsweg, breedte tussen 4 en 7 m	Vlak
	250	hoofdverbindingsweg, smaller dan 4 m	Vlak
	290	weg voor autoverkeer, breder dan 7 m	Vlak
	310	verharde weg, breder dan 7 m	Vlak
	320	verharde weg, breedte tussen 4 en 7 m	Vlak
	330	verharde weg, breedte smaller dan 4 m	Vlak
	338	onverharde weg met standaard breedte (aslijn v/d weg)	Lijn
	339	onverharde weg met standaard breedte (contouren v/d weg)	Lijn
	341	gedeelteijk verharde weg	Vlak
	342	onverharde weg, belangrijke landweg	Vlak
	343	onverharde weg	Vlak
	360	fietspad breder dan 2 m, verhard	Lijn
	363	fietspad behorend bij weg	Lijn
	364	pad / voetpad	
verspreide bebouwing	100	gebouw	Vlak
	107	kas/warenhuis	Vlak
dijken	710	dijk hoger dan 2,5 m	Lijn
	711	dijk tussen 1-2,5 m hoog	Lijn
	712	dijk in aanleg	
	713	dijk in ontwerp	
(aarden)wallen, stijlranden	714	boezemkade	Lijn
	715	wal / kade	Lijn
	722	hoogteverschil	Lijn
	725	aardrand / steile kant	Lijn
	726	talud / rechte arcering, hoogteverschil > 2,5 omhoog	Lijn
	727	talud / rechte arcering, hoogteverschil > 2,5 omlaag	Lijn
	728	schuine arcering, hoogteverschil > 2,5 omhoog	Lijn
	729	schuine arcering, hoogteverschil > 2,5 omlaag	Lijn
greppels	600	greppel / droge sloot	
	601	sloot smaller dan 3 m	Lijn
sloten tussen 1 en 3 m en tussen 3 en 6 m	602	sloot met breedte tussen 3 en 6 m	Lijn
Oeverlijn en poel (kleiner dan 0,5 ha)	611	water (klein) / oeverlijn	Vlak/
moeras en riet (kleiner dan 0,5 ha)	630	drasland, moeras, weke	Symb
	631	riet	Symb
Heggen	511	heg / smalle houtrand	Lijn
Griend	507	Griend	Vlak
Bomen solitair	500	Losse boom	Symb
Bomenrij	502	loofbos	Vlak
Bomensingels (smaller dan 5m, tussen t en 10 m en breder dan 10 m), bosje (tussen 0,1 en 0,5 ha en 0,5 en 2 ha)	505	naaldbos	Vlak
	506	gemengd loof / naaldbos	Vlak
Boomgaard(tussen 0,1 -0,5 ha en 0,5 en 2 ha)	508	populierenopstand	Vlak
	512	bomenrij	Vlak
Boomgaard(tussen 0,1 -0,5 ha en 0,5 en 2 ha)	513	bomenrij langs beide zijden van een weg of waterloop	Vlak
	519	bomen in de middenberm van een weg	Vlak
Boomgaard(tussen 0,1 -0,5 ha en 0,5 en 2 ha)	522	Boomgaard – Hoogstammige fruitbomen	Vlak
	531	Fruïtkwekerij – Laagstammige fruitbomen	Vlak

* : het vierde cijfer (niet weergegeven) is een getal tussen de 0 en de 9 waarmee de codesoort wordt aangegeven (bijvoorbeeld 0 = hoofdcode), dit is niet van belang voor de klasse.

2.4 Bewerkingen IKONOS satellietbeelden en luchtfoto's

2.4.1 Geometrische correctie van luchtfoto's en satellietbeelden

Door bewegingen van het vliegtuig is het projectievlak van de (digitale) camera nooit volkomen horizontaal, d.w.z. niet evenwijdig aan het aardoppervlak. Deze kanteling leidt ertoe dat objecten aan het aardoppervlak vertekend worden afgebeeld op de opname. Door ontschanking van de opname kan deze vertekening worden gecorrigeerd. De camera is tegenwoordig meestal zodanig in het vliegtuig gemonteerd dat deze de schommelingen van het vliegtuig grotendeels op kan vangen. Bij voldoende stabilisatie is ontschanking van luchtopnamen van vlak en horizontaal terrein niet meer nodig.

In volkomen vlak terrein en bij een geheel verticale opname is de schaal van de luchtopname overal gelijk. Hoogteverschillen in het terrein (heuvels maar ook dijken, bebouwing en opgaande begroeiing) leiden echter tot lokale schaalverschillen in de opname. Hierdoor wordt de ligging van terreinpunten, met een hoogte die afwijkt van een (vastgestelde) referentiehoogte, verplaatst ten opzichte van punten op de referentiehoogte. Dit effect wordt reliëfverplaatsing genoemd. De reliëfverplaatsing is het kleinst in het midden van de opname en het grootst aan de randen. De reliëfverplaatsing neemt toe als de hoogte van het terreinpunt toeneemt en neemt af als de vlieghoogte toeneemt. Bij een (digitale) ortho-opname heeft er correctie voor reliëfverplaatsing plaatsgevonden. Een ortho-foto is een foto met de geometrische eigenschappen van een kaart. Bij een ortho-opname en kaart is er sprake van een orthogonale projectie, de punten van het terrein zijn loodrecht geprojecteerd op een plat vlak en er is sprake van één schaal. Voor de correctie naar ortho-opnamen zijn (veel) hoogtegegevens van het terrein nodig. De panchromatische luchtfoto's van de TDN zijn met een beperkt aantal hoogtepunten omgezet naar ortho-foto's. De full-color foto's van Eurosense zijn echter niet gecorrigeerd voor hoogteverschillen in het terrein. Deze foto's zijn geometrische (twee-dimensionaal) gecorrigeerd met behulp van de Top10-vector. De geometrisch gecorrigeerde luchtfoto's en de Top10-vector komen over het algemeen goed met elkaar overeen. Lokaal kunnen echter (geringe tot grote) afwijkingen worden aangetroffen, met name in heuvelachtige gebieden. De afwijkingen op de kleurenopnamen van Eurosense zijn daar iets groter dan op de panchromatische opnamen van de TDN.

Hierbij moet echter worden opgemerkt dat de geometrische nauwkeurigheid van de Top10-vector circa 5 à 10 m bedraagt (tekennauwkeurigheid, digitaliseernauwkeurigheid en geometrische nauwkeurigheid van de luchtfoto's). Een afstand van 10 m in het veld komt overeen met 1 mm op de Top10-vector. De geometrische nauwkeurigheid van de Top10-vector is hierdoor in feite niet voldoende voor een goede geometrische correctie van remote sensing opnamen of luchtfoto's met een ruimtelijke resolutie kleiner dan 5 m. In dit project is echter de Top10-vector als uitgangspunt genomen en deze dient dan ook als referentie voor de geometrische nauwkeurigheid te worden beschouwd.

Vanwege de stabiliteit van satellieten en de grote hoogtes waarop de opnamen worden vervaardigd, vertonen de satellietbeelden van Nederland (nadir opnamen) een nagenoeg orthogonale projectie. Hierdoor is het niet nodig ortho-opnamen te vervaardigen en kan bij de geometrische correctie waarschijnlijk worden volstaan met een eenvoudige lineaire transformatie. Indien onder een (grote) hoek wordt opgenomen, moet wel rekening worden gehouden met reliëfverplaatsing. Het is niet bekend onder welke hoek de IKONOS-beelden van het gebied in Zuid-Limburg zijn opgenomen. De beelden zijn geleverd in een Mercator projectie en vervolgens getransformeerd naar de Stereografische projectie volgens de Rijksdriehoeksmeting. De IKONOS-beelden zijn zo goed mogelijk gecorrigeerd naar de Top10-vector. In het algemeen kan worden gesteld dat bij de geometrische correctie van de IKONOS-beelden een maximale afwijking van circa 2 pixels ten opzichte van de Top10-vector in de praktijk kan worden gerealiseerd. Bij geometrische transformaties is in deze studie over het algemeen gebruik gemaakt van de 'cubic convolution' methode. De 'cubic convolution' methode vermijdt trapsgewijze overgangen en vermindert ruis in vergelijking tot de 'nearest neighbor' methode. Wel veranderen pixelwaarden en worden extremen en subtiliteiten in het beeld afgezwakt.

2.4.2 Fusion technieken voor de combinatie van panchromatische en multispectrale satellietbeelden

Combinatie van panchromatische met multispectrale IKONOS beelden kunnen een beeld op leveren met een hogere informatie-inhoud dan elk van de afzonderlijke beelden. Bovendien heeft om praktische redenen het gebruik van één (gecombineerd) beeld de voorkeur boven het gebruik van twee afzonderlijke beelden. In deze studie heeft beeldcombinatie tot doel de ruimtelijke resolutie van de multispectrale IKONOS-beelden te verhogen door combinatie met de panchromatische IKONOS-beelden. Er zijn verschillende technieken beschikbaar voor beeldcombinatie. Omdat er geen standaardprocedures zijn om de optimale techniek vast te stellen, moet men vaak empirisch te werk gaan om het beste resultaat te vinden. In deze studie zijn de 4 technieken toegepast die in de ERDAS Imagine beeldbewerkingssoftware (ERDAS, 1994) opgenomen zijn.

Een veel toegepast combinatieproces ('data fusion') ten behoeve van de vergroting van de ruimtelijke resolutie van multispectrale beelden met behulp van een panchromatische dataset met een hogere ruimtelijke resolutie bestaat uit drie stappen:

- 1) Omzetting van de multispectrale banden in getransformeerde banden met behulp van een transformatietechniek.
- 2) Vervanging van één van de banden in de getransformeerde multispectrale ruimte door de hoge-resolutie panchromatische band.
- 3) Inverse transformatie van de banden in de getransformeerde ruimte naar de originele multispectrale ruimte.

In het ideale geval worden bij combinatie van de panchromatische hoge-resolutiebeelden met de multispectrale lage-resolutiebeelden de originele spectrale karakteristieken van de multispectrale beelden zoveel mogelijk gehandhaafd en wordt

alleen de aanvullende ruimtelijke informatie, aanwezig in het panchromatische beeld, geïmporteerd in de multispectrale banden (Shettigara, 1992 en Chavez et al., 1991). Een minimale verstoring van de spectrale karakteristieken kan van belang zijn om te waarborgen dat objecten die in de originele beelden spectraal te onderscheiden zijn, dat ook nog zijn in de gecombineerde beelden.

Twee veel gebruikte transformatietechnieken (stap 1), die ook in deze studie zijn gebruikt, zijn de zogenaamde Intensity, Hue, Saturation (IHS) en de Principal Component (PC) transformatietechniek. Met de IHS- en de PC-transformatietechnieken zijn de originele multispectrale IKONOS-banden omgezet naar respectievelijk de IHS-banden en verschillende PC-banden (stap 1). Vervolgens zijn de 'Intensity' band oftewel de eerste 'Principal Component' band vervangen door de panchromatische IKONOS band (stap 2), waarna de getransformeerde banden weer terug zijn getransformeerd naar de originele spectrale ruimte (stap 3). In beide bovengenoemde technieken wordt aangenomen dat de intensiteitscomponent (I oftewel PC1) van het multispectrale IKONOS-beeld spectraal gelijk is aan het panchromatische IKONOS-beeld.

De beide overige combinatietechnieken die in deze studie zijn gebruikt, passen een relatief eenvoudige, rekenkundige integratie van de 2 beelden toe: de 'vermenigvuldigingsmethode' (multiplicative) en de 'Brovey' methode. Deze methoden hebben tot doel de ruimtelijke resolutie van multispectrale beelden te vergroten met behulp van een panchromatische dataset met een hogere ruimtelijke resolutie. Met de vermenigvuldigingsmethode worden de banden van het gecombineerde beeld verkregen door de banden van het multispectrale beeld in N spectrale banden te vermenigvuldigen met de panchromatische band. De Brovey methode tenslotte past een formule toe die de input data in N multispectrale banden normaliseert en het resultaat vermenigvuldigt met de hoge-resolutie panchromatische band. Bij toepassing van de transformatietechnieken werd 'cubic convolution' als resampling methode gebruikt.

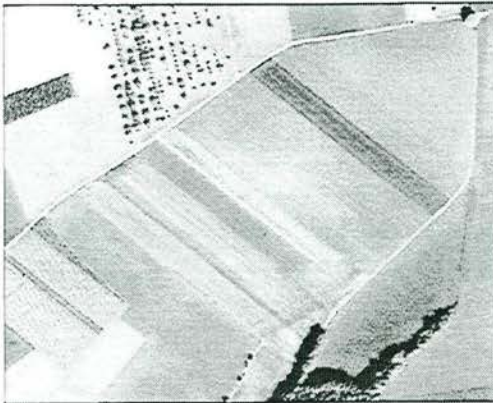
2.4.3 Resultaat fusion technieken

De verschillende 'fusion' of combinatietechnieken zijn toegepast op het IKONOS satellietbeeld van Eijsden (Mei 2000) en worden hieronder besproken aan de hand van figuur 2.3. Het studiegebied Eijsden bestaat voornamelijk uit landbouwgebied en enkele bossen en dorpjes. In het grootste deel van het landbouwgebied worden akkerbouwgewassen geteeld. Daarnaast komen grasland en boomgaarden (zowel hoogstam als laagstam) voor. Het IKONOS-beeld van Eijsden is van begin Mei 2000 en er zijn al enkele akkerbouwgewassen ontsproten maar de meeste percelen zijn echter nog kaal. Op het panchromatische beeld (ruimtelijke resolutie 1 m) zijn alle individuele bomen goed waarneembaar en herkenbaar, in tegenstelling tot de multispectrale IKONOS opnamen (ruimtelijke resolutie 4 m), waarop kleine en zeer smalle (< circa 3 m) topografische elementen (bijvoorbeeld huizen, solitaire bomen en boomgaarden) niet tot slecht waarneembaar en/of herkenbaar zijn (zie figuur 2.3). Wat betreft de gewasgrenzen valt het op dat een groot aantal (vegetatie)grenzen die

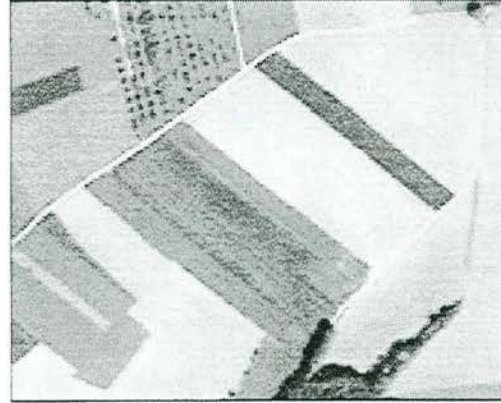
duidelijk waarneembaar zijn op de multispectrale beelden, niet goed te zijn onderscheiden op het panchromatische beeld. Dit is zelfs het geval voor veel grenzen tussen gewas (rood op het IKONOS multispectrale beeld) en kale bodem (blauw op het IKONOS MS beeld). Dit laatste kan mogelijk worden verklaard doordat de panchromatische IKONOS beelden, in tegenstelling tot de beschikbare luchtfoto's, naast de zichtbare ook de nabij-infrarode straling omvat (tabel 2.1). Vergelijking tussen de 'true color' en 'false color' IKONOS-beelden (fig. 2.3) laat zien dat de meeste vegetatie-overgangen op beide beelden goed zichtbaar zijn, in tegenstelling tot op het panchromatische beeld. Het 'false color' beeld heeft echter een groter contrast en toont duidelijkere reflectie-overgangen. Hierdoor zijn veel gewasgrenzen beter te onderscheiden en is vooral in bos- en natuurgebieden meer detail waarneembaar. Ook is duidelijk zichtbaar dat de multi-spectrale IKONOS beelden (4m resolutie) veel minder detail laten zien dan de luchtfoto's. Het panchromatische IKONOS beeld (1m resolutie) heeft zelfs nog iets minder detail dan de kleurenluchtfoto's (1m) en vertoont minder contrast. Daarom kan het gebruik van gecombineerde panchromatische en de multispectrale IKONOS-beelden voordelen bieden (fig. 2.3).

Het doel van de gecombineerde satellietbeelden (dmv fusion technieken) is het verkrijgen van een optimale spectrale *en* ruimtelijke resolutie. De met de Brovey -, PC -, en multiplicatieve methoden vervaardigde combinatiebeelden komen slechts matig overeen met de originele 'full color' en 'false color' beelden. (In andere gevallen heeft de PC methode veel betere resultaten opgeleverd. De reden voor deze verschillen is niet duidelijk). De kleuren van de met de Brovey methode vervaardigde combinatiebeelden wijken in kleur het sterkst af van die van de originele IKONOS-MS beelden. Echter deze combinatiemethode behoudt als beste de ruimtelijke resolutie van het panchromatische beeld vast en verdient hierdoor de voorkeur. In de gevallen dat thematiek (verschillen in reflectie) een belangrijke rol gaat spelen is er een voorkeur voor de IHS methode. Echter in de praktijk van de visuele interpretatie is het handiger om de panchromatische en multispectrale IKONOS beelden naast elkaar te behouden en dus niet te combineren tot een beeld. En juist de opgaande beplantingen of houtopstanden komen het duidelijkst naar voren op het panchromatische IKONOS satellietbeeld. Vergelijk de bomen in de boomgaard (links bovenin) voor de verschillende beeldmaterialen in figuur 2.3

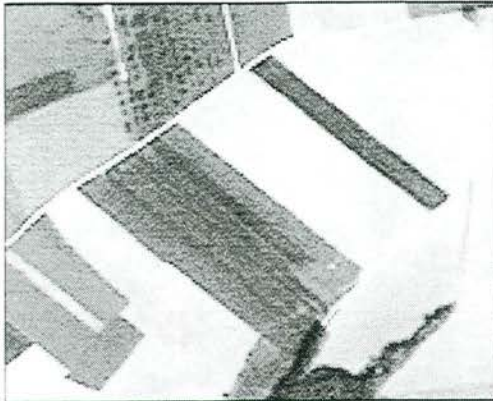
Zowel bij geometrische correctie als bij de vervaardiging van combinatiebeelden wordt een resamplingtechniek uitgevoerd. Bij toepassing van de 'nearest neighbor' methode resulteert resampling in een verplaatsing van pixels en een trapsgewijs verloop van diagonale en gebogen lijnen in het gecorrigeerde beeld, vooral wanneer resampling plaats vindt naar kleinere pixels. Bij de 'cubic convolution' resampling methode is geen sprake van verplaatsing van pixels en wordt de ruis verminderd, waardoor grenzen nauwkeuriger kunnen worden vastgesteld. Bij visuele interpretatie van remote sensing opnamen wordt dan ook over het algemeen de voorkeur gegeven aan 'cubic convolution' resampling.



IKONOS panchromaat, Mei 2000



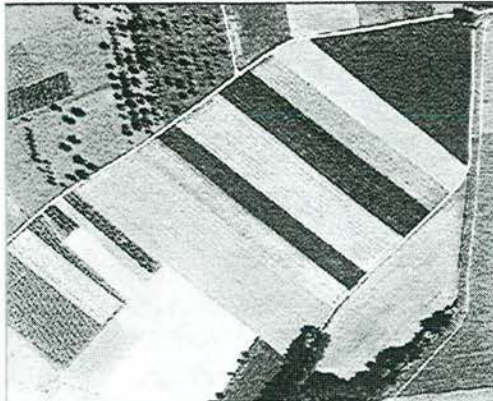
IKONOS MS, false color, RGB: 4/3/2



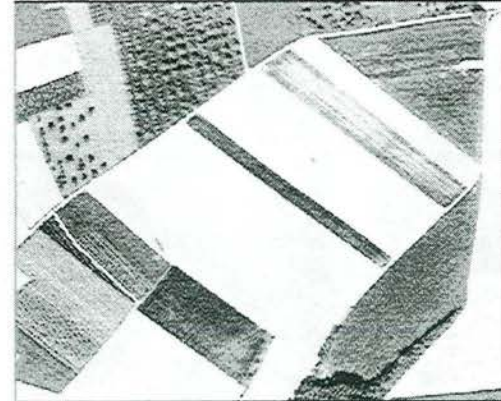
IKONOS MS, True Color, RGB: 1/2/3



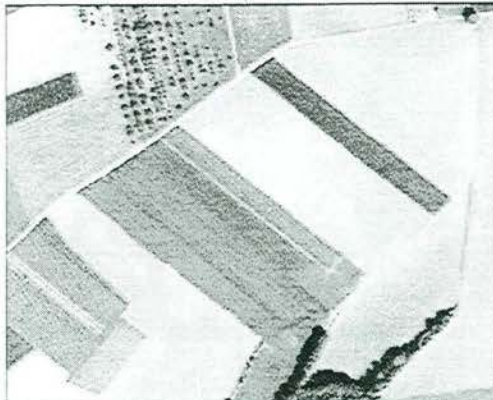
Luchtfoto True Color, Eurosense, Juni 2000



Luchtfoto, True Color, Eurosense, zomer 1996



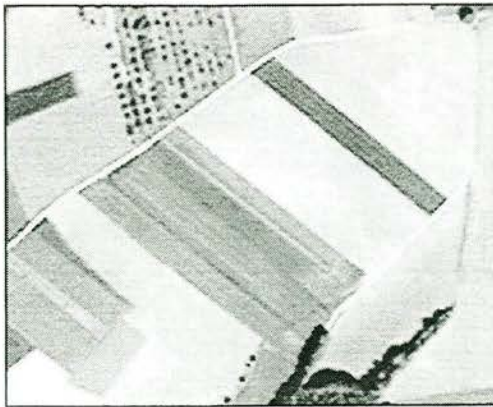
Luchtfoto Aero Carto, Panchromaat, 17-5-80



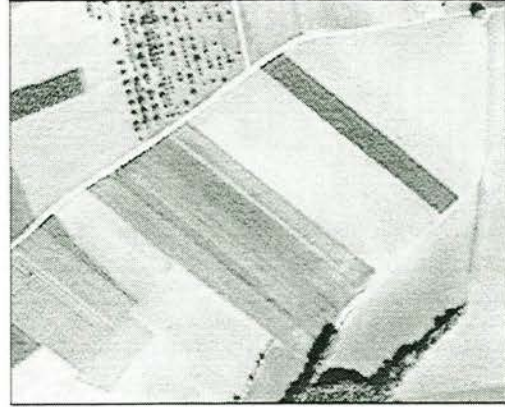
IKONOS resolutie merge, IHS to RGB



IKONOS resolutie merge, Brovey methode



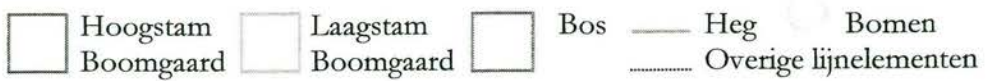
IKONOS resolutie merge,
Principal Component methode



IKONOS resolutie merge,
Multiplicatieve methode



Uitsnede Top10- vector (1999) voor een gedeelte van het studiegebied Eijsden, Limburg



Figuur 2.3 Panchromatische en multispectrale IKONOS satellietbeelden en hun afgeleide (merging) producten in vergelijking met kleurenluchtfoto's van Eurosense voor een detail van het studiegebied Eijsden. (Kleurenplaat in Bijlage C).

2.5 Studiegebieden

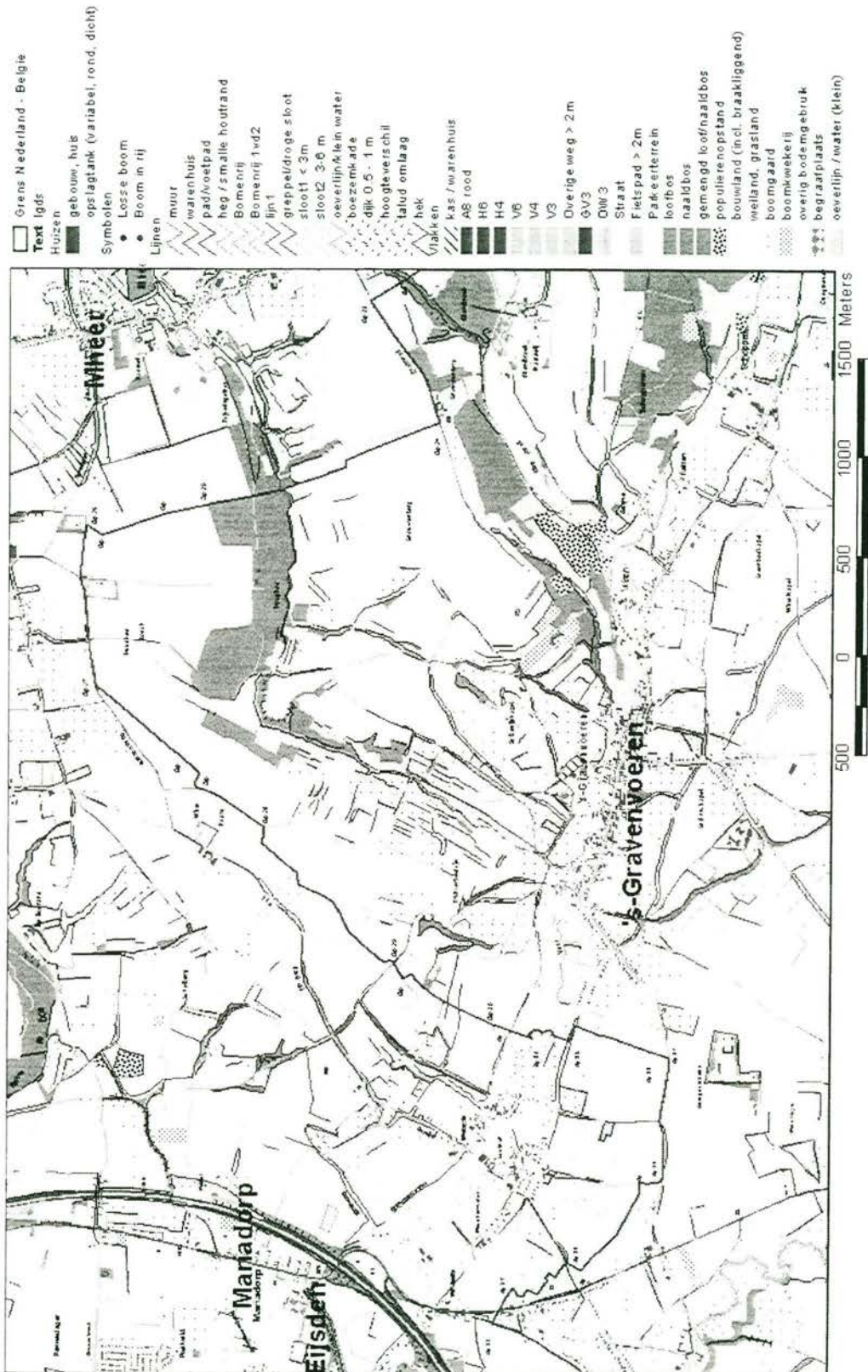
2.5.1 Het studiegebied Eijsden – Limburg

In Zuid-Limburg ligt het Heuvelland, bestaande uit de gemeenten Eijsden, Gulpen-Wittem, Margraten en Vaals. Het heuvelland maakt deel uit van het Maasdal ten zuiden van Maastricht, aan de oostzijde oplopend naar een plateau en aan de westzijde begrensd door de Maas. Het studiegebied zelf ligt in de Voerstreek en ligt voor meer dan de helft in België (zie figuur 2.4). Het studiegebied kent dorpen als 's-Gravenvoeren (België), Mariadorp, Mesh en Mheer (Nederland). Het Nederlandse gedeelte van het studiegebied ligt zowel in de gemeente Eijsden als Margraten.

De waarde van de streek als natuurgebied is vooral een gevolg van de unieke geomorfologische gesteldheid van het gebied voor Nederland en daarnaast het kleinschalige karakter van het landschap, dat een bijzonder groot aantal biotopen op een kleine oppervlakte combineert. Door het overwegend agrarische karakter van de dunbevolkte voerstreek is dit landschapspatroon nog vrij gaaf bewaard gebleven. Maar de landbouw heeft een dynamisch karakter: het verandert sterk onder invloed van nieuwe landbouwtechnieken en teelten. Er bestaat zelfs een plan om de hele Voerstreek als landschapspark te beschermen.

Het studiegebied heeft met een grootte van 5,5 bij 4,1 km een oppervlakte van 22,6 km². Het studiegebied heeft de volgende geografische begrenzing; UL_{xy} (178248, 310786) en LR_{xy} (183800, 306704), uitgedrukt in het rijksdriehoekstelsel. Voor het studiegebied is een IKONOS satellietbeeld van begin mei 2000 gebruikt.

In Bijlage A is een beschrijving gegeven van het studiegebied aan de hand van de Top10-vector. Specifieke kleine landschapselementen voor het gebied zijn niet alleen z'n holle wegen en graften, maar ook zijn hoogstamboomgaarden en zijn vaak zeer oude heggen.



Figuur 2.4 Topografische kaart van studiegebied bij Eijsden, Limburg (bron: Top-10 vector, versie 1999).

2.5.2 Het studiegebied Gemert - Brabant

Het studiegebied Gemert vormt het noordelijke deel van het grondgebied van de gemeente Gemert-Bakel. Het gebied maakt deel uit van het hoogveenontginningsgebied van de Peel in Oostelijk Brabant. Het is een agrarisch productielandschap opgebouwd uit een mozaïk van uit een lopende ontginningsbossen. Het agrarisch landschap, momenteel een pilot in het kader van de reconstructiewet zandgebieden, bestaat uit landbouwgronden afgewisseld met bosrijke landgoederen (stippelberg) en restanten van het voormalige hoogveen en heidevelden. Door een ontwikkelingsgericht gemeentelijk landschapsbeleid zijn de afgelopen 15 jaar veel kleine landschapslementen met onder meer erfbeplantingen, poelen en natuurontwikkeling langs waterlopen aangelegd en/of verbeterd. Het gebied ligt op zandgronden en bestaat, volgens het landelijke grondgebruiksbestand (LGN-3) voor driekwart uit gras (36,3%), mais (18,1%), naaldbos (16,1%) en loofbos (5,7%). Een kenmerkend klein landschapselement voor deze streek zijn z'n houtwallen. Het studiegebied Gemert heeft met een grootte van 13,0 bij 8,1 km een oppervlakte van 105,3 km². In Bijlage B wordt een beschrijving van het studiegebied gegeven aan de hand van de TOP10 vector. Het studiegebied wordt begrensd door de volgende geografische co-ordinaten, U_{xy} (172000, 401000) en L_{xy} (185000, 392900). Het studiegebied wordt afgedekt door twee IKONOS satellietbeelden met een overlap van een strook van ongeveer 600m. Het rechter IKONOS beeld is van 19 April 2000, het linker beeld is van 13 Juni 2000.

2.6 Veldwerk

Voor beide studiegebieden is een dag aan veldwerk besteed. Voor Eijsden is dit gebeurd op 5 Juni 2001 en voor Gemert op 26 Juni 2001. Als voorbereiding voor het veldwerk zijn kaarten van het studiegebied geplot met daarop het panchromatische IKONOS beeld en een selectie van relevante kleine landschapslementen uit de TOP10 vector, en een plot met het gecombineerde panchromatische en multispectrale IKONOS beeld. Bij de voorbereiding is er vooral gekeken naar informatie uit de Top10-vector en informatie uit de IKONOS beelden niet met elkaar in overeenstemming waren. Deze gebieden zijn in het veld bezocht. Verder is er in het studiegebied in Eijsden speciale aandacht besteed aan hoogstamboomgaarden, holle wegen, graften, heggen, poelen en solitaire bomen. In het studiegebied Gemert is er vooral gekeken naar houtwallen. Tijdens het veldwerk zijn de nodige foto's gemaakt om het een en ander te kunnen illustreren en als geheugensteuntje. In het studiegebied Eijsden bleek dat veel solitaire bomen niet op de TOP10-vector stonden aangegeven en sommige hoogstamboomgaarden en heggen verdwenen waren. In het studiegebied Gemert waren er veel houtwallen die niet op de TOP10-vector stonden aangegeven. In het geval van houtwallen is het onmogelijk om deze te detecteren alleen op basis van luchtfoto's of IKONOS satellietbeelden. Een eerste reactie van de Gemeente Gemert-Bakel, die voor hun landschapsinventarisatie op dit moment gebruik maken van ons materiaal, is dat de informatie uit de Top10-vector t.a.v. kleine landschapslementen (o.a. houtwallen) onbetrouwbaar is.



Figure 2.5 Topografische kaart van studiegebied bij Gemert, Brabant (bron: Top10 vector, versie 1998)

3 Monitoring kleine landschapselementen

3.1 Kleine landschapselementen – een behoefte inventarisatie

Kleine landschapselementen, zoals heggen, bomenrijen, houtwallen, sloten, poelen, etc., spelen een belangrijke ecologische en esthetische rol in het Nederlandse landschap. Dit wordt niet alleen erkend in de LNV Nota 'Natuur, bos en landschap in de 21e eeuw', maar komt ook tot uiting in de subsidieregelingen voor landschapselementen, zoals verwoord in de landschapspakketten van het Programma Beheer. Voor veel planten en dieren vormen de kleine landschapselementen een belangrijk onderdeel van hun natuurlijke habitat. De punten en lijnen in het landschap zijn daarmee belangrijke verbindingselementen (corridors of stepping stones) in het landschap en daarmee in de ecologische hoofstructuur (Schmitz, 1993). Ook voor de beleving en waardering van het landschap door de mens spelen deze kleine landschapselementen vaak een belangrijke rol (Hermy en de Blust, 1997). In het verleden hebben door ruilverkaveling vele landschapselementen zoals houtwallen en heggen plaatsgemaakt voor prikkeldraad. Hierdoor is de habitat voor vele dieren versnipperd, geïsoleerd of onbereikbaar geworden.

Het nauwkeurig monitoren van kleine landschapselementen is dan ook van groot belang (Dirkx et al. 1993; Knol, 1994, Dijkstra *et al.* 1997, Dijkstra *et al.* 1998, Dijkstra *et al.*, 2000). Eerdere studies wijzen er al op dat er grote verschillen bestaan tussen de informatie op de topografische kaarten en de werkelijke situatie in het veld, met name voor lijnvormige beplantingen. Bovendien kan naast actualiteit ook de definitie van de landschapselementen een probleem vormen voor monitoringsdoeleinden. Als voorbeeld: hoeveel bomen moeten er in een hoogstamboomgaard staan om nog te kunnen spreken van een hoogstamboomgaard?. Om een idee te krijgen hoe opgaande beplantingselementen in de TOP10-vector gedefinieerd zijn, is hieronder een beschrijving van een aantal elementen gegeven.

Heg

In de Top10-vector (TDN, 1998) vallen onder heg de elementen heg, haag en windscherm. Heg: een rij bomen, al of niet in combinatie met struiken, waarbij de onderlinge afstand of begroeiing zodanig is dat tot minstens manshoogte het zicht wordt belemmerd. Haag: een rij naast elkaar geplante struiken. Windscherm: een rij opgaande, dicht naast elkaar staande bomen, aangeplant als beschutting tegen de wind. Heg en haag worden alleen buiten bebouwd gebied aangegeven. Windscherm wordt alleen als vlakbegrenzing aangegeven. Gelegen in een boomgaard of fruitkwekerij wordt het windscherm alleen weergegeven als het wordt beschermd door een sloot of greppel. De minimum lengte is 100 meter (TDN, 1998).

Griend

Een griend wordt beschreven als begroeid met laag afgeknot wilgenhout t.b.v. de productie van rijshout. Over afmetingen worden geen criteria gegeven (TDN, 1998).

Bomenrij

Aantal bomen die in een rij staan, waarbij de onderlinge afstand tussen de bomen zodanig is dat de bomenrij tot manshoogte geen zichtbelemmering vormt. Binnen bebouwd gebied wordt een bomenrij alleen aangegeven langs een naar breedte geclassificeerde weg. De minimum lengte is 100 meter (TDN, 1998).

Houtwal

Houtwallen worden in de Top10-vector niet beschreven. Door een combinatie te maken uit de Top10-vector van loofhout met een onderliggende aarden wal is het mogelijk houtwallen te identificeren.

Boomgaarden

Boomgaarden worden beschreven als hoogstammige fruitbomen, terwijl fruitkwekerij wordt beschreven als laagstammige fruitbomen (TDN, 1998). Er worden geen minimum aantal bomen genoemd die een boomgaard moet bevatten.

Boom

Is opgenomen als symbool in de Top10-vector en wordt beschreven als een houtachtig gewas met een zeer groot wortelstelsel en een enkele, stevige, houtige en zich secundair verdikkende, overblijvende stam, die zich eerst op zekere hoogte boven de grond vertakt. Er worden alleen solitaire bomen weergegeven. Er worden in principe geen bomen in bebouwd gebied weergegeven tenzij de bomen typerend zijn (TDN, 1998).

Loofbos

Begroeid met een dusdanig aantal loofbomen dat de kruinen een min of meer gesloten geheel vormen of, na volgroeïing van de bomen zullen vormen. Bij de beoordeling of een bos een loofbos is, moet 80% met loofbos zijn bedekt. De afmetingen zijn minimaal 1000m² voor bospartijen op erven, in bebouwd gebied of in parken. Indien er sprake is van een houtrand: minimum lengte en breedte: 50m respectievelijk 3m. In alle overige gevallen minimaal 50 m² (TDN, 1998).

Door EC-LNV is als eerste aanzet in de behoefte-inventarisatie de onderstaande lijst van landschapselementen opgesteld (tabel 3.1). Een belangrijk criterium bij het opstellen van deze lijst was dat *de betreffende elementen ruimtestructurerend dan wel kenmerkend voor de wordingsgeschiedenis van het landschap* moeten zijn. Combinaties van landschapselementen zijn mogelijk, zoals wegbepanting (bomenrij in wegberm), erfbeplanting (bebouwing + opgaande begroeiing) en houtwallen of -kades (reliëf + opgaande begroeiing).

Tabel 3.1 Een eerste keuze van belangrijke kleine landschapselementen door EC-LNV

Klasse	Onderverdeling
Wegen	Verharde en onverharde wegen smaller dan 6 m Verharde en onverharde wegen 6-10 m breed
Bebouwd gebied	Verspreide bebouwing
Reliëf	Dijken lager dan 1 m Dijken hoger dan 1 m Aarden wallen lager dan 1 m Aarden wallen hoger dan 1 m Steilranden lager dan 1 m Steilranden hoger dan 1 m
Water	Greppels Sloten van 1-3 m breed Sloten 3-6 m breed Sloten breder dan 6 m Poelen (altijd kleiner dan 0,5 ha) Moerassen en riet (altijd kleiner dan 0,5 ha)
Opgaande beplanting	Heggen Grienden van 0,1-0,5 ha Grienden 0,5-2 ha Bomen solitair Bomen in groepjes Bomenrijen (aantal rijen) Bomensingels tot 5m breed Bomensingels 5-10 m breed Bomensingels breder dan 10 m Bosjes van 0,1-0,5 ha Bosjes 0,5-2 ha Boomgaarden van 0,1-0,5 ha Boomgaarden van 0,5-2 ha

Omdat Landschapsbeheer Nederland en het Programma Beheer van LNV zeer belangrijke actoren in het landschapsbeheer zijn, wordt er in de volgende paragrafen in meer detail gekeken naar de voor hun relevante landschapselementen.

3.1.1 Programma Beheer

Met ingang van 1 januari 2000 zijn de subsidieregelingen Natuurbeheer en Agrarisch Natuurbeheer van kracht. Dit speelt zich af in het kader van Programma Beheer met een nieuwe aanpak voor het beheer van bossen, natuur en landschap in Nederland (www.minlnv.nl/programmabeheer). Hiermee wil de overheid de komende jaren het natuurbeheer een nieuwe impuls geven. Dit betekent een aantal belangrijke veranderingen in het natuurbeleid. Hiermee komt een samenhangend pakket maatregelen en subsidies tot stand (DLG, 1999). De doelgroep bestaat zowel uit particuliere grondeigenaren, landgoedbezitters als agrariërs. Een belangrijk punt is dat de overheid daarmee het particulier beheer binnen de Ecologische Hoofdstructuur als ook daarbuiten wil stimuleren. Zowel particulieren als natuurbeschermingsorganisaties (Staatsbosbeheer, Natuurmonumenten en Provinciale Landschappen) beheren grote oppervlakten natuur. Echter, bij de ontwikkeling van nieuwe natuurgebieden was het subsidiestelsel tot op heden geheel toegesneden op uitvoering door natuurbeschermingsorganisaties. Via de nieuwe regelingen krijgen particulieren de kans om nieuwe natuur te ontwikkelen en te beheren en worden de mogelijkheden voor het beheer van de bestaande natuur uitgebreid. Daarnaast blijft agrarisch natuurbeheer van belang. Nieuw daarbij is dat de agrarische natuurverenigingen en milieucoöperaties door de nieuwe regelingen meer kansen krijgen om agrarisch natuurbeheer uit te voeren.

De subsidieregelingen voor natuur en landschapsbeheer bestaan uit 2 categorieën:

- Subsidieregeling Agrarisch Natuurbeheer (SAN)
- Subsidieregeling Natuurbeheer (SN)

De beheerder krijgt nu meer ruimte dan voorheen om het beheer zelf te bepalen. Er wordt nu wel op resultaat afgerekend. De uitgekeerde beheersbijdragen hangen zowel af van de bereikte natuurresultaten als van de beheersinspanningen. De gewenste natuurresultaten en noodzakelijke beheersmaatregelen zijn door de overheid in de nieuwe regelingen in een aantal zgn. 'doelpakketten' omschreven.

De meest interessante doelpakketten binnen het kader van dit project worden verwoord in de landschapspakketten. Deze worden beschreven in bijlagen 32 t/m 46 van het Programma Beheer en worden in de tabel 3.2 verkort weergegeven.

Daarnaast worden ook in de andere pakketten interessante landschapselementen genoemd die met behulp van zeer hoge resolutie satellietbeelden gemonitord zouden kunnen worden. Uit het *basispakket Natuurbeheer* zijn dit ondermeer; plas en ven, moeras, rietcultuur, halfnatuurlijk grasland, heide, struweel, hoogveen en bos. En uit het *pluspakket*: soortenrijke plas, soortenrijke ven, beek en duinrel, trilveen, nat soortenrijk grasland, droog soortenrijk graslandsoortenrijk stuifzand, droge heide, natte heide, hakhout en griend. En uit het *doelpakket Agrarisch Natuurbeheer*: kruidenrijke zomen, faunaranden, akkerflora randen, snelgroeiend loofbos en naaldbos.

Tabel 3.2 Landschapselementen uit het Landschapspakket van Programma Beheer

Nr	Landschaps pakket	Beschrijving	Landschapstype	Afmetingen
50	Houtwal	Lijnvormig element met opgaande begroeiing van inheemse bomen en struiken, voorzien van een wallichaam	Zandgebied of kustzone	> 50m lang < 10m breed wal > 0.5m
51	Houtkade en landscheiding	Idem	Laagveengebied	> 50m lang < 10m breed wal > 0.2m
52	Landweer	Idem. > 50% inheemse doornstruiken (meidoorn, sleedoorn, gaspeldoorn, hondsroos en egelantier)		> 50m lang < 10m breed wal > 0.5m
53	Singel	Landschapselement met opgaande begroeiing van inheemse bomen	Heuvelland, zand - of rivieren gebied	> 50m lang < 50m breed
54	Elzensingel	Landschapselement met aaneengesloten opgaande begroeiing van inheemse bomen of struiken met voor ten minste 80% Zwarte Els	Zand -, hoogveen-ontginnings -, rivieren - of laagveen gebied	> 50m lang
55	Knip- en scheerheg	Lijnvormig landschapselement met aaneengesloten, opgaande begroeiing van struikvormende soorten	Heuvelland of rivierengebied	1-2m hoog < 1m breed
56	Struweelhaag	Lijnvormig landschapselement met aaneengesloten, opgaande begroeiing, voor tenminste 85% (kroonprojectie) bestaande uit inheemse, struikvormende soorten	Rivierengebied, zeekleigebied of heuvelland	1-5m hoog > 1m breed
57	Geriefhoutbosje	Landschapselement met opgaande begroeiing	Heuvelland, zand -, rivieren -, zeeklei - of laagveen gebied	>5 en < 50 are
58	Knotbomenrij	Rij van tenminste 10 bomen, geknot tussen 1,50m en 2,50m	Heuvelland, zand -, rivieren -, zeeklei - of laagveen gebied	Onderlinge afstanden 1-20m
59	Hoogstamboomgaard	Boomgaard met fruit- of notenbomen (appel, peer, pruim, kers, walnoot)	Heuvelland of rivierengebied	> 25 are 50-150 bomen/ha
60	Grubbe en holle weg	Smal, diep ingesneden dal met steile, begroeide wanden, gemiddeld ten minste 2m diep	Heuvelland of zandgebied	>50 m lang
61	Eendenkooi	Als eendenkooi geregistreerd, bestaande uit kooiplas en omringend struweel of bos		
62	Poel	>80% open water	Heuvelland, zand -, rivieren -, zeeklei -, laagveengebied of droogmakerijen	0,5-50 are, tenzij voortplantingpoel amfibieën in heuvelland
63	Rietzoom en kl. rietperceel	> 90% riet	Rivieren-, zeeklei - of laagveengebied	5-50 are
64	Raster	Veekerdend raster t.b.v. een landschapselement		1-5m breed

3.1.2 Landschapsbeheer Nederland

Landschapsbeheer Nederland is het samenwerkingsverband van de twaalf provinciale stichtingen Landschapsbeheer. Deze organisaties stimuleren en coördineren de aanleg en het beheer van zogenaamde landschapselementen. Dat zijn knot-wilgen, hoogstamfruitboomgaarden en drinkpoelen, maar ook grafheuvels en oude sluisjes. In H. Dijkstra et al. (2001) wordt bij de Provinciale Stichtingen Landschapsbeheer geïnventariseerd aan welke *regiospecifieke* landschapselementen beheerswerk wordt verricht (zie onderstaande tabel). De regiospecifieke landschapselementen moesten aan 2 criteria voldoen:

- dat de landschapselementen identiteitsbepalend zijn voor het landschap in de provincie, en
- dat de provinciale stichtingen er actueel en potentieel veel beheerswerkzaamheden aan besteden.

Tabel 3.3 Aanvullende regiospecifieke landschapselementen waaraan beheerswerk wordt verricht (uit H. Dijkstra et al., 2000)

Poelen	Duinrellen
Dobben, pingo's, vennen en wielen	Tuinwallen, onbegroeid
Sloten	Droge hooilandjes
Kerkhofbeplantingen, kerkterreinen	Zandwallen
Borgen en stinzen	Veenputten
Specifieke boerenerven	Dijken
Slingertuinen	Kreek/weel
Terpen	Graften zonder beplanting
Kleine kernen	Holle wegen zonder beplanting
Grafheuvels	

Van slechts een aantal kleine landschapselementen van het (agrarisch) cultuurlandschap is onderzocht of ze karteerbaar zijn met behulp van IKONOS satellietbeelden. Dit was ondermeer afhankelijk van het wel of niet voorkomen van de bovengenoemde landschapselementen in de twee studiegebieden, te weten Eijsden en Gemert. Concreet is er gekeken naar (on)verharde wegen, holle wegen, graften, greppels, waterwegen, poelen, lijnvormige beplantingen, boomgaarden en solitaire bomen, zie volgende paragraaf.

3.2 Vergelijking detectie van kleine landschapselementen uit IKONOS, luchtfoto's en Top10-vector

3.2.1 Introductie

De analyse is uitgevoerd met (true color) kleurenluchtfoto's, panchromatische en multispectrale IKONOS satellietbeelden tegenover de informatie zoals aanwezig in de Top10-vector. Hieronder worden de resultaten besproken.

3.2.2 Wegen

De herkenbaarheid van een weg is sterk afhankelijk van de reflectie van de weg t.o.v. de reflectie van het aangrenzende grondgebruik. Verharde wegen zijn over het algemeen goed herkenbaar vanwege de relatief hoge reflectie in het zichtbare licht. Onverharde wegen kunnen gemakkelijk worden verward met sloten of met het aangrenzende grondgebruik. Wanneer een verharde weg temidden loopt van kale grond percelen is de herkenbaarheid geringer, vanwege de relatief hoge reflectie van kale grond.

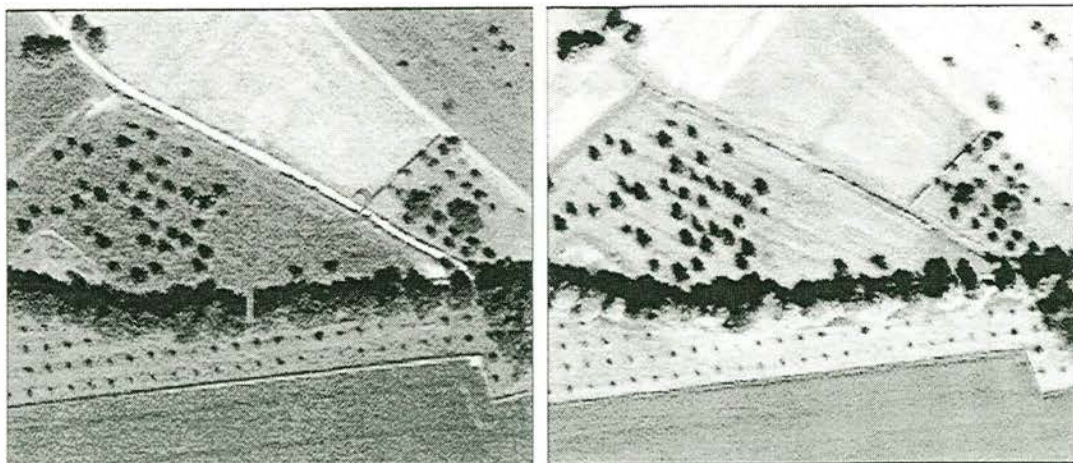


Figuur 3.1 Vergelijking informatieinhoud voor wegen met true-color luchtfoto's, een panchromatisch en multispectraal IKONOS satellietbeeld en Top10-vector.

Op de kleurenluchtfoto zijn de verharde wegen beter zichtbaar dan op de (true color) luchtfoto's. De onverharde wegen zijn zelfs helemaal niet zichtbaar op het IKONOS beeld. Dit komt niet door de iets betere geometrische resolutie van de luchtfoto's, maar vooral door het feit dat de panchromatische IKONOS beelden het nabij-infrarode gedeelte van het electromagnetisch spectrum meenemen. In het Nabij-Infrarood is de reflectie van de vegetatie juist weer hoger dan van kale grond (dit is in het zichtbare licht juist tegenover gesteld). Daarnaast speelt het *opname tijdstip* een belangrijke rol. De kleurenluchtfoto is in juni opgenomen. In deze periode staan de meeste gewassen nog op het veld en garandeert een hoog contrast met (verharde) wegen. Het IKONOS beeld is van Mei en in die periode zijn juist veel akkers nog kaal. En op de kale percelen is er geen enkel onderscheid met de (onverharde) wegen mogelijk.

3.2.3 Holle wegen, graften en greppels

Holle wegen zijn smal en diep ingesneden wegen met steile, vaak begroeide wanden. Holle wegen situeren zich meestal op convexe topranden van hellingen en komen vooral voor bij gemakkelijk erodeerbare gronden (Hermy en de Blust, 1990). Juist door de verzonken ligging van de holle wegen in het landschap zijn ze bijzonder moeilijk waar te nemen op luchtfoto's of op zeer hoge resolutie satellietbeelden. En zeker als er rijen bomen langs een holle weg staan die de weg vanuit de lucht onzichtbaar maken (zie figuur 3.2 en foto 1). Zowel voor holle wegen als graften (begroeide steilranden) moet men gebruik maken van stereografie om kleine hoogteverschillen in het landschap te kunnen waarnemen. Wel zijn graften (zie figuur 3.7) en holle wegen duidelijk zichtbaar als lineaire elementen op zowel luchtfoto's als IKONOS satellietbeelden, alleen hun thematiek is niet uit de beelden te halen. Uit vergelijking van onderstaande figuren blijkt dat de opgaande beplantingselementen duidelijker zichtbaar zijn op het panchromatische IKONOS beeld dan op de kleurenluchtfoto. Maar de wegen zijn weer duidelijker zichtbaar op de kleurenluchtfoto, zoals al eerder was geconstateerd.

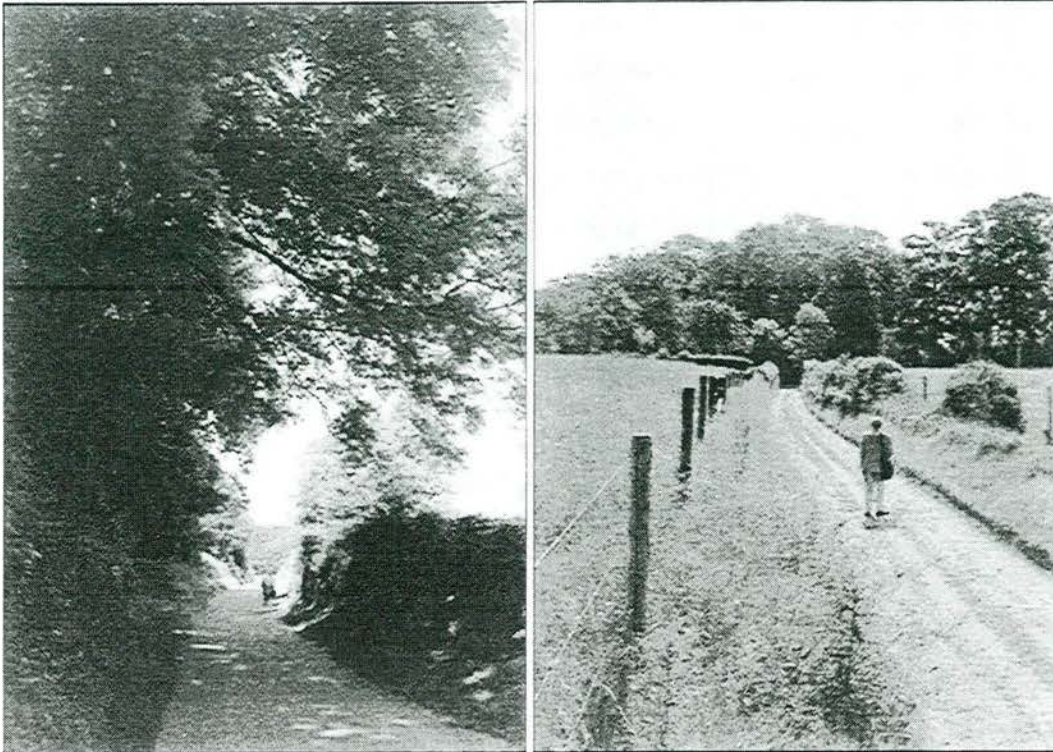


True Color Luchtfoto, Juni 2000

IKONOS, panchromaat, Mei 2000

- 1) Holle weg met boomrijen
- 2) Holle weg zonder boomrijen

Figuur 3.2 Vergelijking voor holle wegen van kleurenluchtfoto met IKONOS satellietbeeld



1) Holle weg met bomenrij (zie locatie fig3.2) 2) Holleweg zonder bomenrij (zie locatie fig3.2)

Foto 1 Holle weg met en zonder bomenrij.

3.2.4 Water

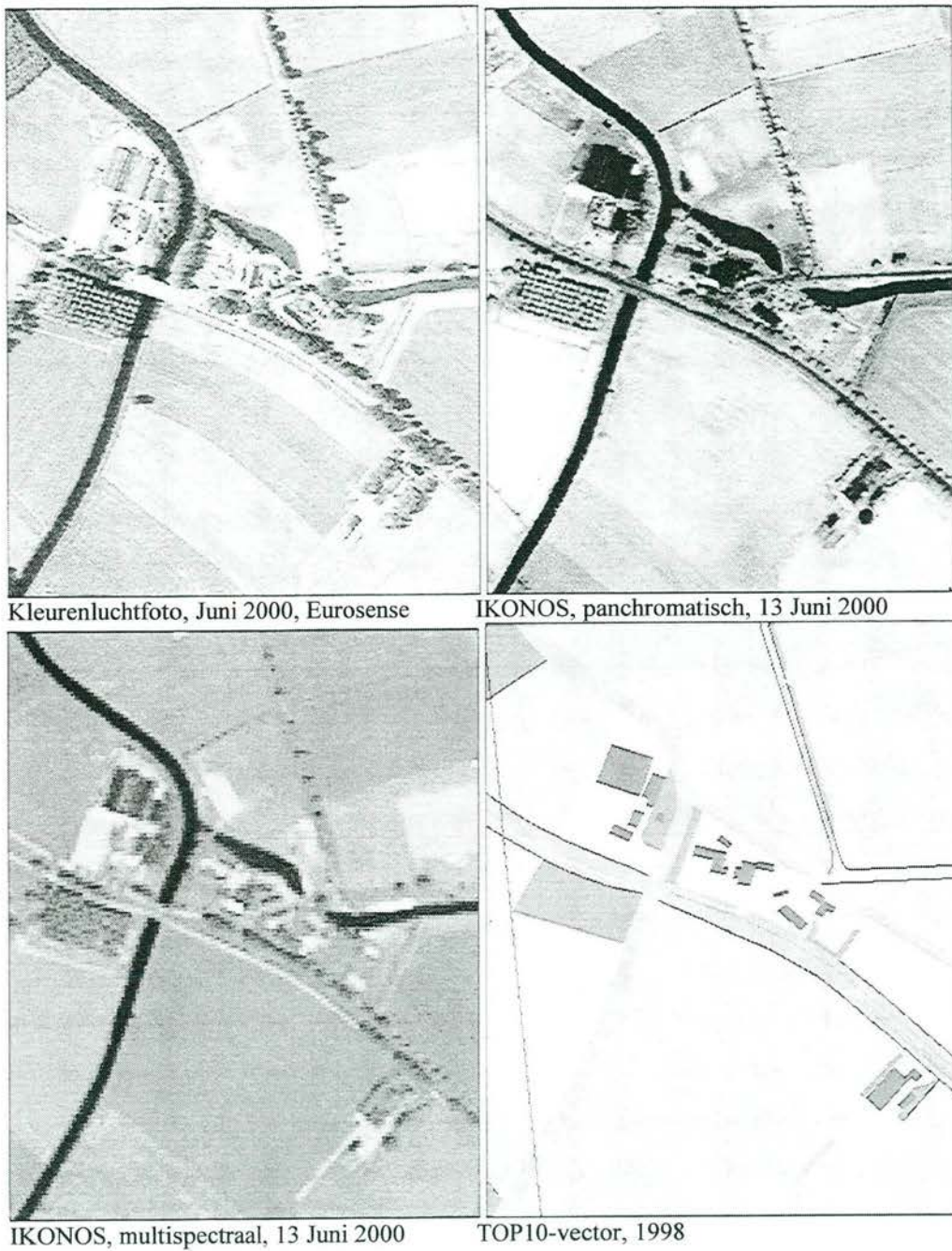
Greppels komen in principe duidelijk naar voren op panchromatische hoge-resolutiebeelden in het vroege voorjaar. De meeste greppels zijn droog in de twee studiegebieden en zijn, zeker als ze langs een pad, weg of in het bos liggen, erg moeilijk tot niet waar te nemen door te weinig contrast in reflectie met hun omgeving. Dit wordt versterkt door het feit dat ze vaak niet breder zijn dan een paar meter.

Sloten zijn over het algemeen goed waarneembaar op de panchromatische en multispectrale IKONOS satellietbeelden. In het Nabij-Infrarood (en zichtbare licht) heeft water een zeer lage reflectie (bijna zwart) en heeft daardoor een zeer hoog contrast met zijn omgeving. Op de kleurenluchtfoto's zijn waterlichamen al moeilijker te onderscheiden van donkere vegetatie met schaduwwerking. Sloten smaller dan 1 m zijn niet te onderscheiden van natte greppels. Wanneer de pixel van het digitale beeld groter wordt dan de breedte van de sloten neemt de herkenbaarheid en waarneembaarheid sterk af. Dit geldt ook voor andere lijnvormige elementen.

Moeras en riet (kleiner dan 0,5 ha) is in tabel 3.1 als klein landschapselement opgenomen. In de praktijk zijn in moerasgebieden in drie landgebruiksklassen te onderscheiden: riet en hooilanden, bos en water. De klassen bos en water zijn als

aparte klassen te onderscheiden. Riet en hooilanden zijn als aparte klassen over het algemeen slecht van elkaar te onderscheiden.

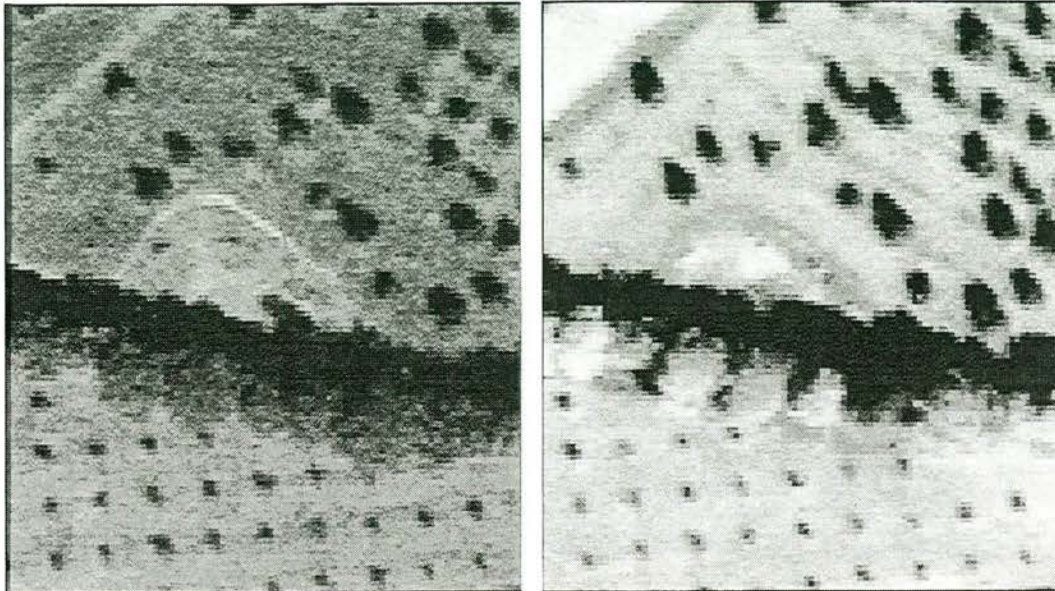
In figuur 3.3 wordt er een vergelijking gemaakt voor waterwegen op een kleurenluchtfoto (Eurosense, Juni 2000), een IKONOS panchromatisch en multispectraal satellietbeeld van 13 Juni 2000 en de Top10-vector (1998) voor een gebiedje ten Noord-oosten van Gemert. Het eerste wat opvalt is dat de situatie zoals geschetst op de Top10-vector al niet meer bestaat. Dit gebied maakt deel uit van natuurontwikkelingsproject en heeft de waterloop een meer natuurlijk karakter terug gegeven. Hier komt dus duidelijk de actualiteit van de Top10-vector in het geding. Op het panchromatische en multispectrale IKONOS satellietbeeld contrasteert het water sterker met zijn omgeving dan op de kleurenluchtfoto, dit bevordert de herkenbaarheid op de IKONOS satellietbeelden. Op de kleurenluchtfoto is het zelfs zo dat de schaduw van de bomen een donkere kleur hebben dan de kleur van de omliggende waterloop. En nogmaals de wegen zijn slechter herkenbaar op de IKONOS satellietbeelden.



Figuur 3.3 Voorbeeld vergelijking voor waterwegen op kleurenluchtfoto, IKONOS panchromatisch en multispectraal, en Top10-vector

Poelen (kleiner dan 0,5 ha) onderscheiden zich in landbouwgebied spectraal over het algemeen uitstekend van het aangrenzende grondgebruik. De herkenbaarheid en waarneembaarheid van poelen zijn daarom meestal vooral afhankelijk van de grootte van de poel en hun ligging in het landschap. De specifieke ligging bepaalt vaak of zij een groot contrast vormen met hun omgeving. Als er een grote boom naast een kleine poel staat wordt de herkenbaarheid als sterk verkleind, niet alleen door afdekking met de boomkroon maar vaak ook door schaduwwerking (zie onderstaande figuren). Voor herkenbaarheid moet de poel minimaal ca. 5 bij 5 pixels

(5 bij 5 meter) groot zijn. Voor zijn waarneembaarheid zijn minder pixels vereist. In de onderstaande situatie is de poel beter herkenbaar op de kleurenluchtfoto van Juni 2000 dan op het panchromatische IKONOS beeld van Mei 2000. Op het IKONOS beeld ligt de poel net in de schaduw van de bomen. Dit wordt voornamelijk bepaald door de lagere zonnestand in Mei in vergelijking met Juni. De poel wordt niet aangegeven op de Top10-vector.



Kleurenluchtfoto Eurosense
1) locatie poel

IKONOS panchromatisch

Figuur 3.4 Voorbeeld vergelijking poel op kleurenfoto en panchromatisch IKONOS satellietbeeld

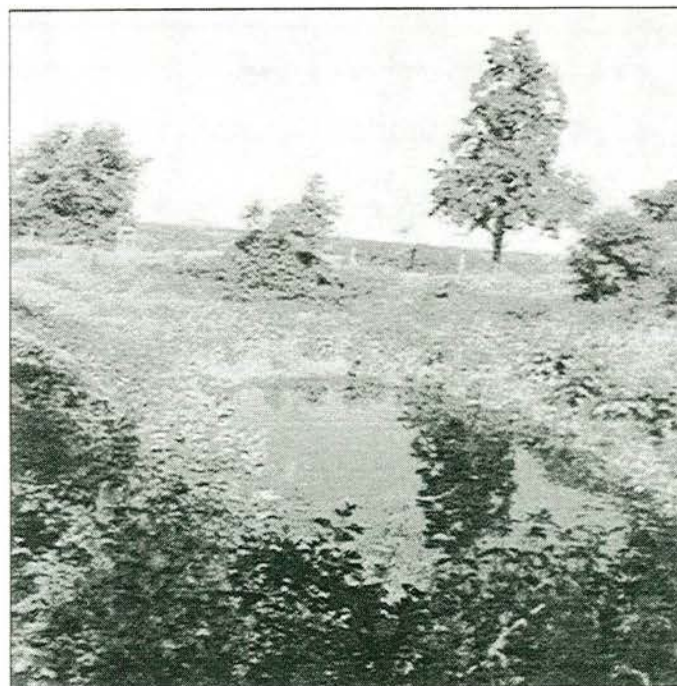


Foto 2 Poel (voor locatie zie fig3.4)

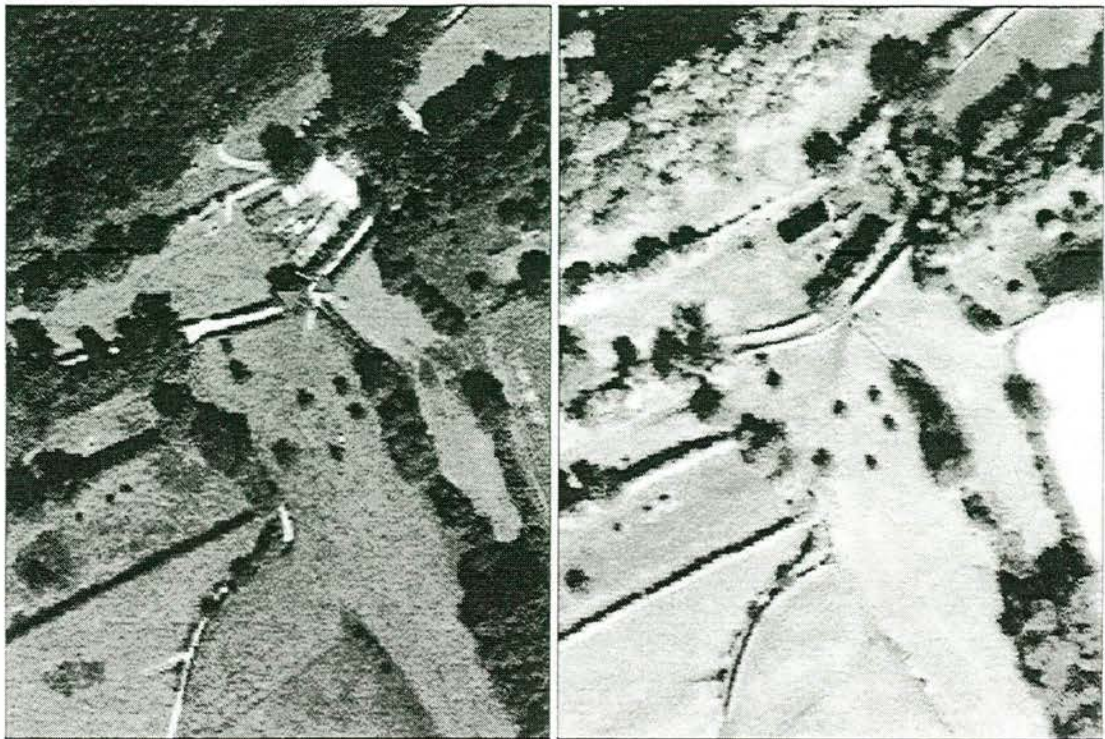
3.2.5 Lijnvormige beplantingen

Lijnvormige beplantingen zijn over het algemeen goed herkenbaar aan de hand van structuur, vorm en schaduw. Met name in het (vroeg) voorjaar en najaar vertonen de lijnvormige beplantingen lange schaduwen. Dit compenseert gedeeltelijk de veel geringere omvang (en reflectie) van de lijnvormige beplantingen door hun bladverlies in de herfst. Wanneer schaduwen in het verlengde van een lijnvormige beplanting liggen dan is de herkenbaarheid nog minder. De dichtheid/openheid van de lijnvormige beplanting (afstand tussen de afzonderlijke bomen) is duidelijk waarneembaar op de luchtfoto's en IKONOS satellietbeelden. Echter wanneer de pixels van het digitale beeld groter zijn dan de breedte van de lijnvormige beplanting dan neemt de herkenbaarheid sterk af en treedt er verwarring op met bv. sloten. Recent aangeplante lijnvormige beplantingen zijn meestal niet waarneembaar.

Onderscheid maken tussen hagen/heggen en boomrijen is meestal goed te zien, aangezien hagen een totaal andere structuur hebben dan boomrijen (zie figuur 3.5). De heggen/hagen zijn meestal veel smaller en homogener van structuur. Opvallend is dat heggen en andere opgaande beplantingen op het panchromatische IKONOS satellietbeeld veel beter te onderscheiden zijn van hun omgeving dan op de kleurenluchtfoto (zie fig 3.5). De heggen en boomrijen hebben een zeer lichte (bijna witte) grijs tint aan de zonnzijde en een zeer donkere (bijna zwart) grijs tint aan de schaduwzijde. In het algemeen ziet men veel meer variatie in reflectie van opgaande beplantingen op de IKONOS satellietbeelden dan op (true color) kleurenluchtfoto's. Dit komt omdat de IKONOS sensor ook in het Nabij-Infrarood meet (zie ook voorgaande paragrafen). In het Nabij-Infrarood heeft biomassa een zeer hoge reflectiewaarde. Voor vegetatiekarteringen werd dan ook vaak juist gebruik gemaakt van false color luchtfoto's omdat deze het infrarood meenemen.

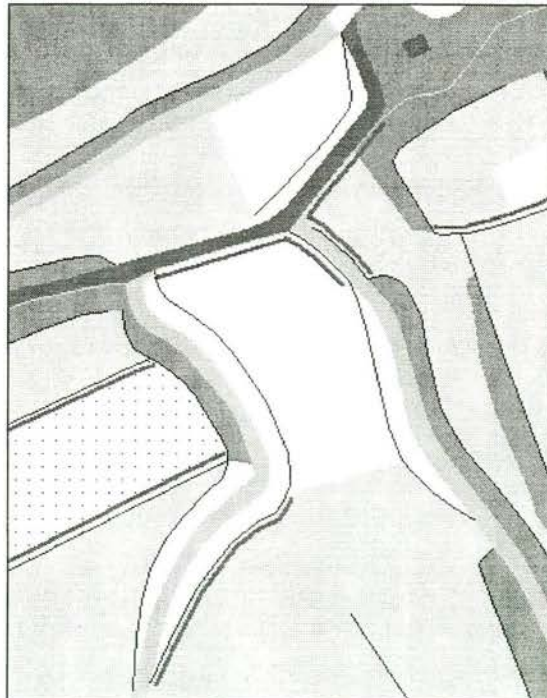
Verder is het niet eenvoudig om de overeenkomsten tussen de Top10-vector en de digitale beelden (luchtfoto's en IKONOS) te vinden (zie figuur 3.5). De patronen van de opgaande lijnvormige beplantingen zijn zeer sterk vereenvoudigd in de Top10-vector of zijn zelfs helemaal afwezig. De exacte begrenzingen van opgaande beplantingen zijn zeer vereenvoudigd weergegeven op de Top10-vector (een kartografisch product). Op de luchtfoto en IKONOS-beeld is het echter niet mogelijk om het verschil in beheerde en onbeheerde heg/haag (fig 3.5 en foto 3) te maken. In het algemeen is het zo dat er 'vanuit de lucht' weinig valt te zeggen over het beheer, de kwaliteit en soort samenstelling van lijnvormige landschapselementen. Veldwerk blijft dus in de meeste gevallen onontbeerlijk, maar de effectiviteit van het veldwerk kan enorm worden vergroot door gebruik te maken van luchtfoto's en/of IKONOS satellietbeelden

Verder is het opvallend dat geen enkele solitaire boom in dit gebied staat aangegeven op de Top10-vector. Ook zijn de graften (bijv. nr 3 in fig 3.5) aanwezig in dit gebied niet aangegeven op de Top-10 vector. Dit gebiedje zeer nabij Kasteel Mheer bevat zeer veel oude lijnvormige elementen, zoals singels, heggen, hagen, graften en holle wegen dat zijn karakter zeer uniek maakt en van grote landschappelijke en ecologische waarde is. Voor een landschapsinventarisatie zou de voorkeur uitgaan naar veldwerk in combinatie met IKONOS panchromatische satellietbeelden.



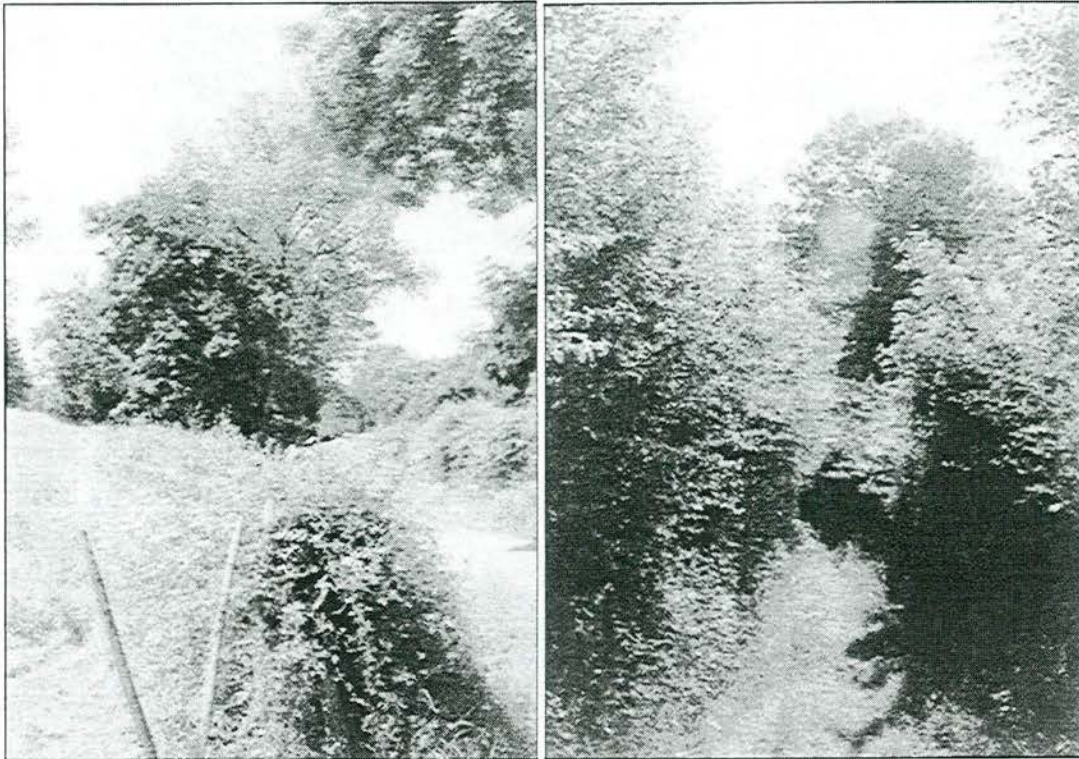
True Color Luchtfoto
1:1500

IKONOS panchromaat



TOP10-vector (1999)

Figuur 3.5 Voorbeeld vergelijking heggen (paarse lijn) en boomrijen (groene lijn) op kleurenluchtfoto en panchromatisch IKONOS satellietbeeld. (Kleurenplaat in Bijlage C)



1) Foto meidoornheg beheerd (zie pijltje fig 3.5) 2) Foto heg onbeheerd langs holle weg

Foto 3 Voorbeeld van beheerde en onbeheerde heg

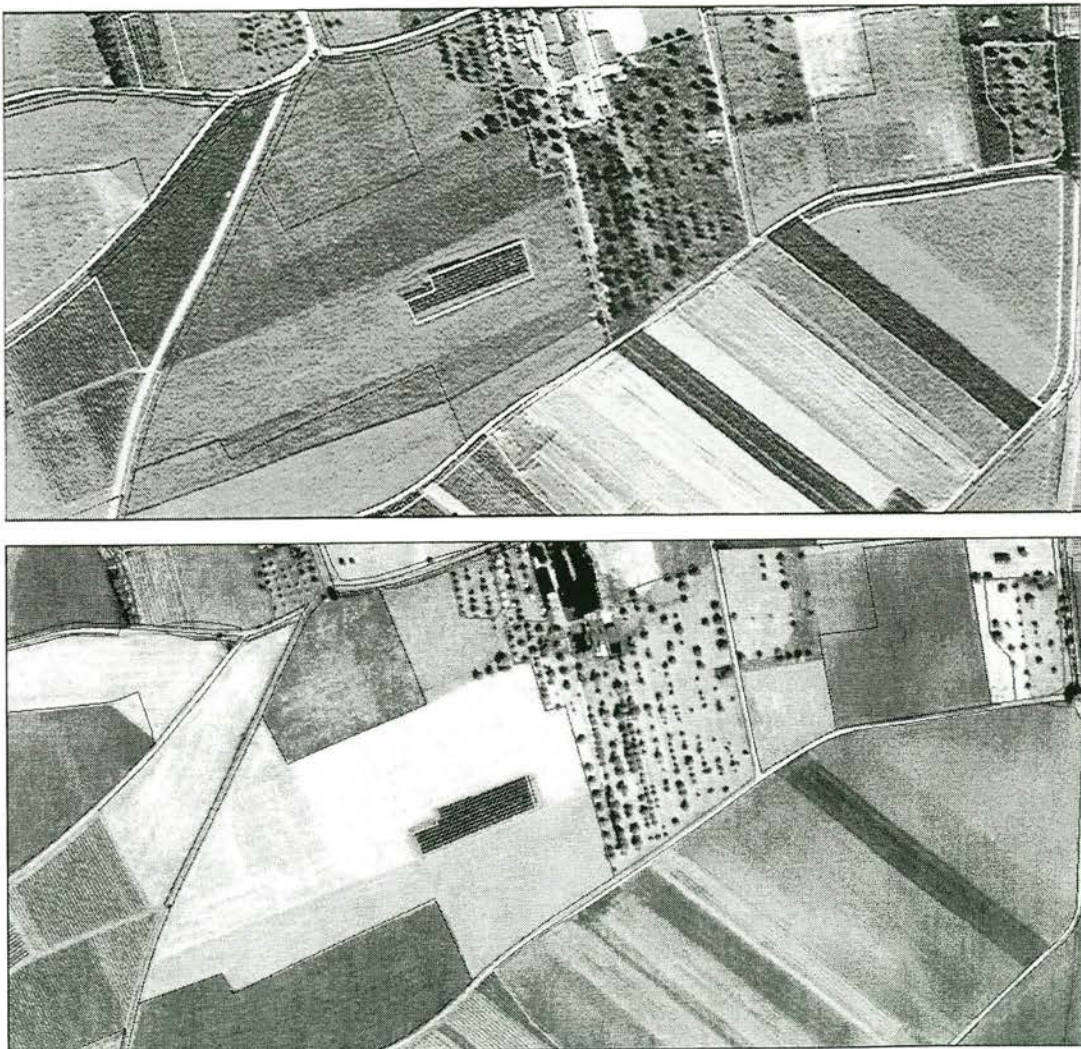
Wegbeplanting en erfbeplanting zijn aan de hand van de context (bebouwing langs weg, zijwegen, vorm bebouwing e.d.) over het algemeen goed vast te stellen. Het aantal waarneembare rijen bij bomenrijen is sterk afhankelijk van de bladontwikkeling, de afstand tussen de rijen, de grootte van de bomen en de afstand tussen de bomen in een rij. Doordat luchtfoto's in het algemeen een hogere resolutie hebben dan de IKONOS satellietbeelden, kunnen het aantal rijen bomen meestal beter worden vastgesteld op luchtfoto's.

3.2.6 Boomgaarden

Hoogstamboomgaarden zijn in het algemeen zeer goed te onderscheiden van de laagstamboomgaarden, zowel op luchtfoto's als op IKONOS satellietbeelden (zie fig. 3.6). Op het IKONOS satellietbeeld zijn de boomgaarden zelfs nog beter te onderscheiden dan op de kleurenluchtfoto. Dit komt niet alleen doordat de IKONOS beelden gebruik maken van het infrarood, maar ook doordat dit IKONOS beeld van het studiegebied Eijsden in het voorjaar (Mei 2000) is opgenomen, veel grond is dan nog kaal en dit vergroot het contrast met de bomen zelf in de boomgaard. De kleurenluchtfoto's van Eurosense zijn van Juni 2000 en dan is de onderbegroeiing van de boomgaarden, meestal gras, in volle bedekking aanwezig. Tijdens het veldwerk in het studiegebied Eijsden bleken er echter meerdere hoogstamboomgaarden verdwenen te zijn die nog wel op de Top10-vector stonden aangegeven. Verder is het niet duidelijk hoeveel fruitbomen er in een boomgaard

moeten staan om als boomgaard in de Top10 te worden aangemerkt. Rechts boven in fig 3.6 is bijvoorbeeld een boomgaard met ongeveer 20 fruitbomen die niet als boomgaard staat aangegeven in de Top10-vector. Dit kan komen door de jonge aanplant in de betreffende boomgaard (na de opname van de Top10-vector). Dus ook hier weer komt de actualiteit van de Top10-vector in het geding.

Verder wordt het duidelijk uit de IKONOS satellietbeelden en /of kleurenluchtfoto's dat er enorme verschillen zijn in het aantal bomen per boomgaard. Dit kan niet uit de Top-10 vector worden afgeleid. Vooral bij het monitoren van boomgaarden kan dit hinderlijk zijn omdat om en nabij de kritieke threshold (definitie boomgaard) een boomgaard uit de Top10-vector verdwenen kan zijn terwijl er in werkelijkheid slechts één boom minder staat. De dynamiek van landschappelijke elementen (boomgaarden en solitaire bomen) wordt in paragraaf 3.3. in meer detail besproken.



Figuur 3.6 Voorbeeld vergelijking boomgaarden op kleurenluchtfoto (Juni 2000) en IKONOS panchromatisch satellietbeeld (Mei 2000). Lichtblauw zijn de fruitwekerijen (laagstamboomgaarden) uit de Top10-vector en paars de hoogstamboomgaarden uit de top10-vector(1999). (Kleurenplaat in Bijlage C).



Foto 4 Hoogstamboomgaard



Foto 5 Laagstamboomgaard (fruitkwekerij)

3.2.7 Solitaire bomen

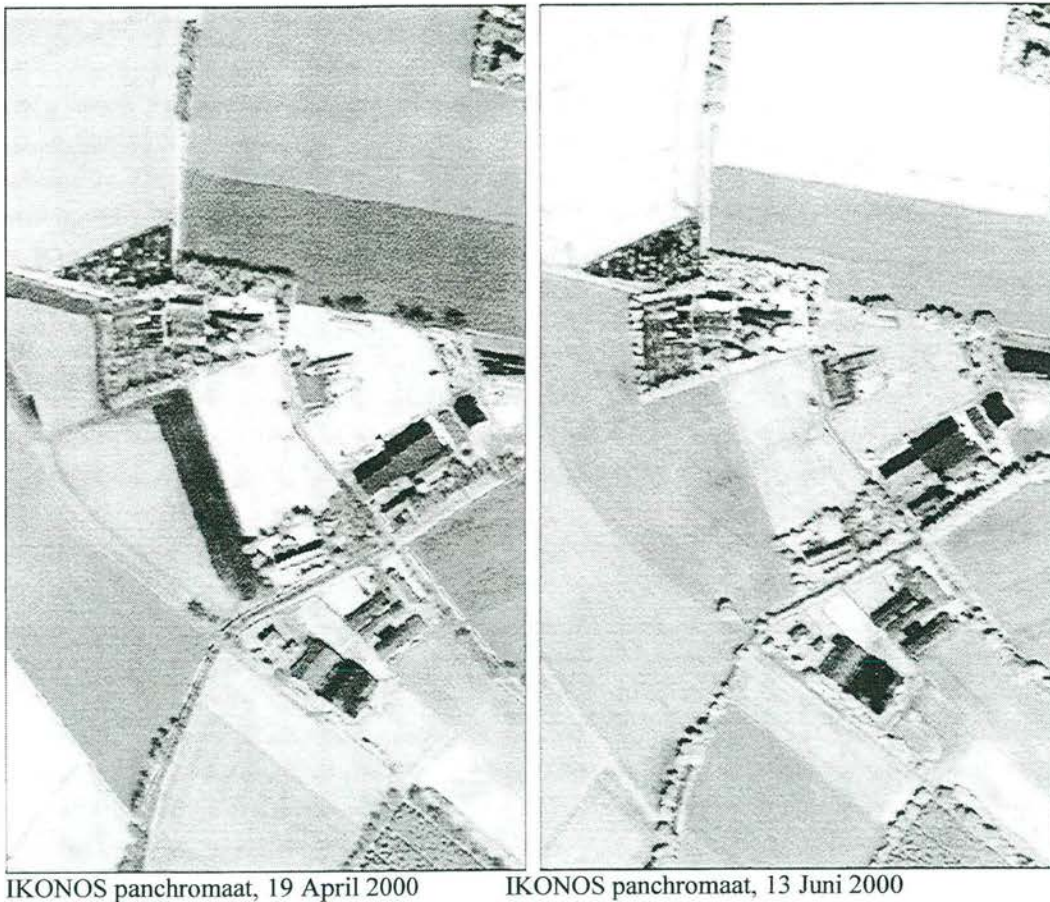
Solitaire bomen zijn zowel op kleurenluchtfoto's als op IKONOS satellietbeelden goed te herkennen. Om bekende redenen zijn de bomen zelfs nog beter te herkennen op de IKONOS satellietbeelden (zie paragrafen 3.2.5 en 3.2.6). Uit vergelijking van de TOP10 met IKONOS satellietbeeld (fig 3.7) wordt het duidelijk dat solitaire bomen slechts sporadisch zijn aangegeven in de Top10-vector (zie ook paragraaf 3.2.5). Veel solitaire bomen komen niet in de Top-10 vector voor, en vallen ook niet binnen een boomgaard of boomrij (zie onderstaande figuur). De reden hiervoor is niet duidelijk. Er wordt in de Top10-vector ook geen betrouwbaarheid of nauwkeurigheid gegeven voor ieder element. Wel is het duidelijk dat dit probleem los staat van de actualiteit van de Top10-vector. Een te noemen reden zou de historisch militaire achtergrond van de topografische kaarten kunnen zijn, waarin landschapselementen vooral belangrijk zijn als ze een barriere vormen.



Figuur 3.7 Voorbeeld vergelijk solitaire bomen op panchromatisch IKONOS satellietbeeld (Mei 2000) met informatie Top10-vector (1999). Solitaire bomen uit de Top10-vector zijn aangegeven met een gele cirkel als symbool. Fruitkwekerijen (laagstamboomgaarden) zijn als vlakken in lichtblauw aangegeven, Hoogstamboomgaarden zijn als vlakken in het paars weergegeven, Bossen zijn als vlakken in groen aangegeven.

3.2.8 Tijdstip opname in het groeiseizoen

Voor het studiegebied Gemert zijn er twee IKONOS satellietbeelden beschikbaar met een overlap van ongeveer 600m. Het eerste beeld is van 19 April 2000 en het tweede beeld is van 13 Juni 2000 (zie figuur 3.8). Hierdoor wordt het mogelijk voor eenzelfde gebied de invloed van het groeiseizoen op de detectie van lineaire elementen te bepalen.



Figuur 3.8 Vergelijk van IKONOS satellietbeeld op 19 April 2000 (links) en op 13 Juni 2000 (rechts) in het studiegebied Gemert

In de onderstaande tabel wordt voor bovenstaande figuren de belangrijkste sensor parameters gegeven. Het eerste beeld is dus uit het voorjaar, als er nog relatief weinig blad aan te bomen zit en de meeste akkers nog kaal zijn. Het tweede IKONOS beeld is van Juni 2000 als de meeste bomen volop in het blad zijn en er nog maar weinig akkerbouwgewassen geoogst zijn. Het voorjaarsbeeld is met een iets grotere kijkhoek ($90 - 66.5 = 23.5$ graden) opgenomen dan het Juni beeld ($90 - 70.6 = 19.4$ graden), en kan worden opgemerkt aan de huizen (bijv. boerderij rechtsmidden in beeld). In beide gevallen wordt dit een vrij grote inijkhoek gevonden, die verre van ideaal is (dus geen ortho-foto bij benadering).

Tabel 3.4 Een aantal sensor parameters voor de twee verschillende IKONOS beelden van het studiegebied Gemert

Sensor IKONOS_2	Beeld 1	Beeld 2
Acquisition Date/Time	19 April 2000	13 Juni 2000
Acquisition time	10:11	10:17
Acquired Nominal GSD		
Cross Scan	0.95 meters	0.91 meters
Along Scan	0.91 meters	0.88 meters
Scan Direction	0 graden	0 graden
Nominal Collection Azimuth	121.6 graden	120.7 graden
Nominal Collection Elevation	66.5 graden	70.6 graden
Sun Angle Azimuth	149.2 graden	143.9 graden
Sun Angle Elevation	46.3 graden	57.7 graden

In het vroege voorjaar (april) is er nog relatief weinig groen en zijn de meeste bomen nog kaal. Door grotere biomassa zijn de opgaande beplantingen duidelijker zichtbaar in juni (zie fig 3.8). Door de hogere biomassa vind er zeer veel reflectie in het Nabij-Infrarood plaats en geeft een zeer lichte grijs tint. Hierdoor zijn opgaande beplantingen in de late lente of de vroege zomer (het rechter IKONOS beeld, fig 3.8) een stuk beter waar te nemen dan in het vroege voorjaar (het linker IKONOS beeld, fig 3.8). Op het april beeld wordt dit slechts gedeeltelijk gecompenseerd door de langere schaduw (de zonnestand is in april lager dan in juni), maar dit geldt slechts voor bomen met een grote hoogte en niet voor heggen. De heggen zijn op het voorjaarsbeeld zeer slecht te detecteren. Concluderend, een vroeg zomerbeeld prefaleert boven een voorjaarsbeeld voor het detecteren van opgaande beplantingen.

Combinatie van twee IKONOS beelden, opgenomen op twee verschillende tijdstippen, t.b.v. het detecteren van opgaande lijnelementen blijft erg lastig zolang deze niet ortho-gerectificeerd zijn.

3.3 Veranderingssnelheid van kleine landschappelijke elementen

In deze sectie wordt er aandacht besteed aan de veranderingssnelheid van kleine landschapselementen. De snelheid waarmee het aantal kleine landschapselementen verandert bepaalt ook de behoefte aan tussentijdse monitoring m.b.v. IKONOS satellietbeelden naast het gebruik van de Top10-vector. Specifieke aandacht wordt er besteed aan de hoogstamboomgaarden en solitaire bomen. Hiervan lijkt niet alleen de dynamiek hoog, maar worden er ook vragen gesteld bij de betrouwbaarheid van de Top10-vector voor deze landschapselementen. Voor de analyse van veranderingen in de hoogstamboomgaarden is er naast de Top10-vector en de IKONOS satellietbeelden ook gebruik gemaakt van luchtfoto's uit 1980, historische atlas Limburg (1918) en de Eerste Bosstatistiek van 1940.

Tabel 3.5 Verschil tussen 1995 en 1999 gebaseerd op de Top10- vector voor opgaande beplantingen- lineaire elementen in het studiegebied Eijsden

BESCHRIJVING	AANTAL			LENGTE (meters)		
	1995	1999	Verschil	1995	1999	Verschil
Bomenrij dubbel	39	45	+6 (15%)	5084	6736	+1652 (33%)
Bomenrij	70	84	+14 (20%)	7058	8746	+1688 (24%)
Heg	785	661	-124 (16%)	69960	66395	-3564 (5%)
Overige lijnen	1521	1478	-43 (3%)	131209	129303	-1906 (2%)

BOSJES van 0,1 tot 2ha	AANTAL			OPPERVLAKTE (ha)		
	1995	1999	Verschil	1995	1999	Verschil
Boomkwekerij	11	5	-6 (55%)	7,5	2,4	-5,1 (68%)
Gemengd bos	1	1	+0 (0%)	1,7	1,7	+0,0 (0%)
Loofbos	37	39	+2 (5%)	33,7	35,1	+1,4 (4%)
Populierenopstand	8	7	-1 (13%)	5,0	4,9	-0,2 (4%)

oppervlakte/omtrekverhouding >= 10

'Lineaire' boom- opstanden 0,1-0,5 ha	AANTAL			OPPERVLAKTE (ha)		
	1995	1999	verschil	1995	1999	Verschil
Gemengd bos	2	3	+1 (50%)	0,6	0,8	+0,2 (33%)
Loofbos	108	118	+10 (9%)	22,5	25,2	+2,7 (12%)
Naaldbos	2	2	+0 (0%)	0,4	0,4	+0,0 (0%)

oppervlakte/omtrekverhouding < 10

Tabel 3.6 Verschil tussen 1995 en 1999 gebaseerd op de Top10- vector voor kleine landschapselementen – niet lineair – in het studiegebied Eijsden

BESCHRIJVING	AANTAL			OPPERVLAKTE (ha)		
	1995	1999	verschil	1995	1999	verschil
Boomgaard – Hoogstam	231	180	-51 (22%)	242,2	136,3	-106,0 (44%)
Fruitekwekerij – Laagstam	128	129	+1 (1%)	179,2	169,7	-9,5 (5%)
Boomkwekerij	18	10	-8 (44%)	10,5	3,3	-7,2 (69%)
Gemengd bos	8	9	+1 (13%)	53,5	54,3	+0,9 (2%)
Loofbos	309	318	+9 (3%)	122,2	131,3	+9,1 (7%)
Naaldbos	3	4	+1 (33%)	0,5	0,6	+0,1 (20%)
Oeverlijn/Landbouw	11	12	+1 (9%)	2,8	2,7	+0,0 (0%)
Populierenopstand	9	9	+0 (0%)	9,4	9,3	-0,1 (1%)

Alle terreinen in gebied

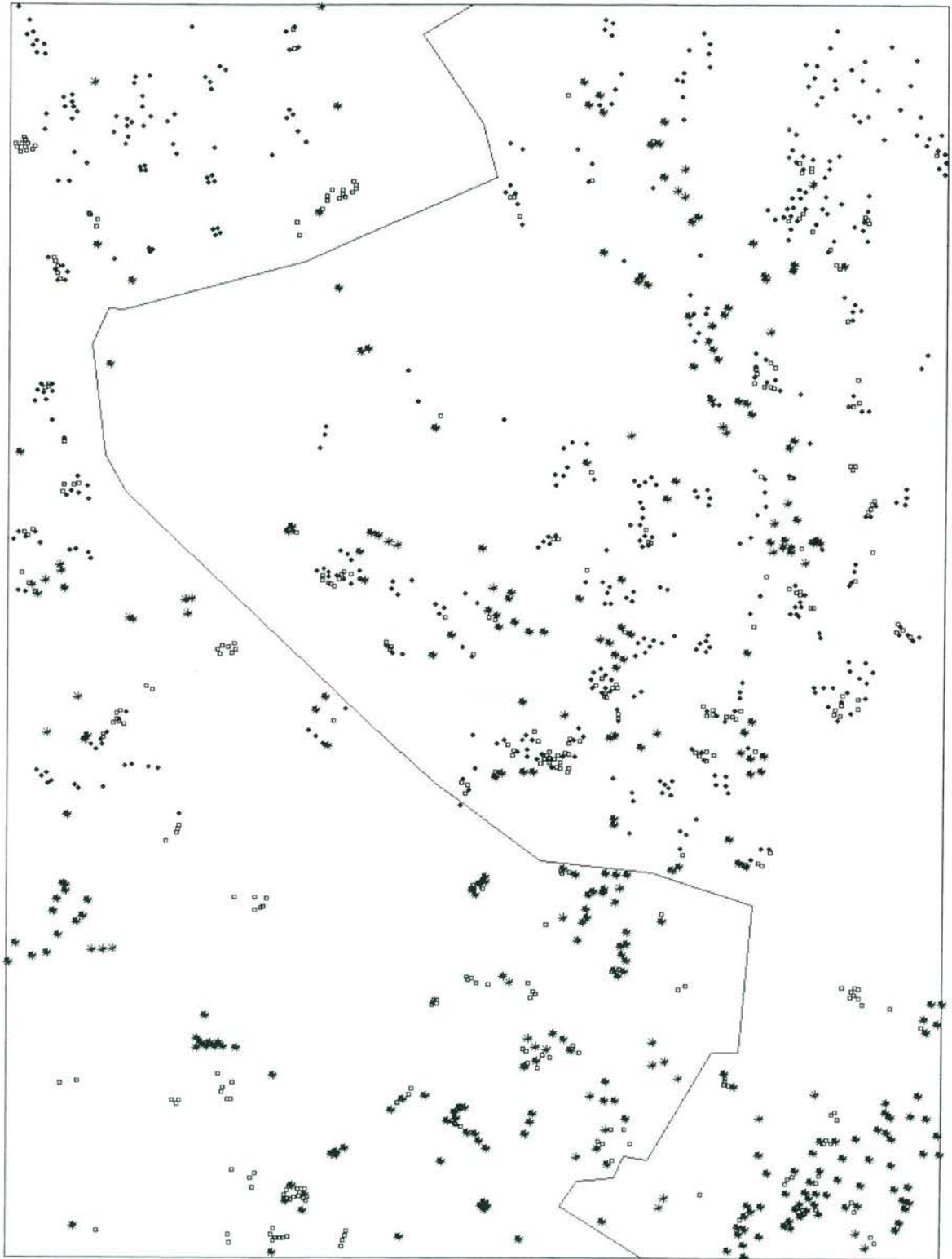
Tabel 3.7 Verschil in het aantal solitaire bomen in 1999 t.o.v 1995 afgeleid uit de Top10- vector

BESCHRIJVING	AANTAL		
	1995	1999	Verschil
Bomen Solitair	330	751	+421 (128%)

Uit de bovenstaande tabellen blijkt dat de dynamiek van kleine landschapselementen erg groot is, vooral voor heggen, hoogstamboomgaarden, en solitaire bomen. In 4 jaar tijd is de hoeveelheid heg met 3,5 km afgenomen in een gebied van 5 bij 4 km ! Dit komt neer op een procentuele afname van 5% in 4 jaar tijd. De snelheid waarmee de hoogstamboomgaarden verdwijnen is nog veel groter. In vier jaar tijd verdwenen er 51 hoogstamboomgaarden (22%). In oppervlakte is het areaal hoogstamboomgaarden met 44% afgenomen.

Voor solitaire bomen lijkt er een grote toename te zijn. Echter hier wordt men op het verkeerde been gezet. Van veel hoogstamboomgaarden zijn enkele bomen overgebleven. Deze bomen zijn daarna in de Top10-vector als symbool opgenomen, waar ze voorheen als vlakken (hoogstamboomgaarden) voorkwamen. Er zijn dus slechts bomen verdwenen, terwijl het lijkt alsof er bomen zijn bijgekomen volgens tabel 3.7. Als gevolg van deze constatering is er een uitgebreidere analyse gemaakt.

De schijnbare toename van het aantal solitaire bomen met 421 bomen t.o.v. 1995 uit Tabel 3.4 vraagt om enige nadere uitleg. Uit ruimtelijke analyses blijkt dat de Top10-vector uit 1995 en 1999 273 bomen gemeen te hebben en 57 bomen uit 1995 zitten niet in het bestand van 1999. Er zijn dus 479 bomen bijgekomen in 1999. Let wel, van deze 479 nieuwe bomen liggen er 157 in voormalige boomgaarden en er zijn dus maar 320 echte "nieuwe" bomen (op basis van analyse van de Top10-vector 1995 en 1999). Vergelijken we het panchromatische IKONOS beeld met de Top10-vector, dan blijkt dat lang niet alle bomen zijn opgenomen in de Top10-vector en lijkt het soms dat er willekeurig in groepjes bomen een losse boom is gekozen (symbool). Van de 330 bomen uit 1995 liggen er 113 in voormalige boomgaarden aanwezig in 1980. Uit visuele interpretatie van IKONOS satellietbeeld 2000 blijkt dat er veel solitaire bomen zijn die niet in de Top10-vector (uit 1999) zitten. Na digitalisatie blijken dit er 352 te zijn. In de onderstaande figuur is de dynamiek tussen 1995 en 1999 volgens de Top10-vector weergegeven, plus de bomen in 2000 die niet in de Top10-vector zijn opgenomen.

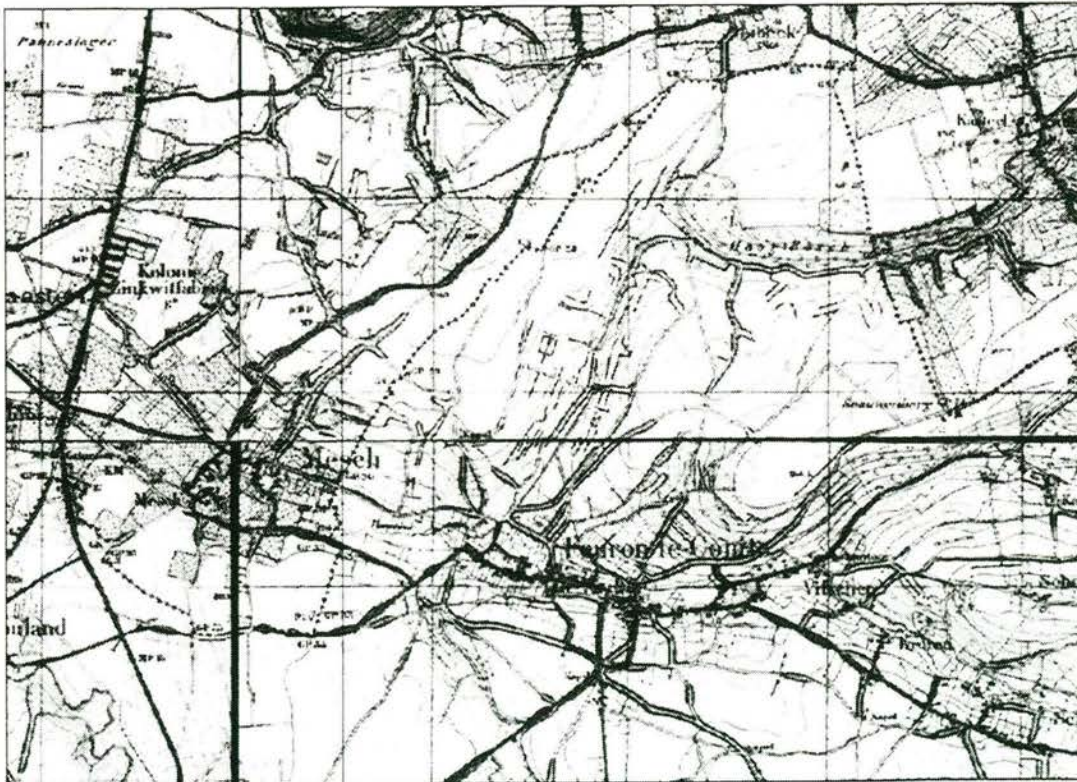


* Bomen in Top10 (1995) ● Bomen in Top10 (1999) □ Bomen in 2000 en niet in Top10

Figuur 3.9 Ruimtelijke dynamiek van het aantal solitaire bomen op basis van de Top10-vektor, versies 1995 en 1999, en interpretatie van IKONOS satellietbeelden.

Hoogstam Boomgaarden

Voor historische gegevens over boomgaarden (lees hoogstam) is er gebruik gemaakt van de Historische Atlas Limburg 1:25.0000 (ROBAS, 1989). De 4 kaartbladen (769, 770, 773 en 774) die binnen het studiegebied vallen zijn rond 1918 verkend, rond 1924 herzien, en rond 1925 uitgegeven (zie Figuur 3.10). Aanvullend is er gebruik gemaakt van de kaarten van de Eerste Bosstatistiek (1940). In de Eerste Bosstatistiek zijn boomgaarden apart opgenomen. Op basis van deze twee bronnen is er een digitaal basisbestand aangemaakt met als naam 'boomgaarden 1940'. Hierbij moet worden opgemerkt dat de Eerste Bosstatistiek alleen voor Nederland beschikbaar is. De onderstaande tabel beslaat dus slechts een gedeelte (het Nederlandse deel) van het studiegebied. Tabel 3.8 beschrijft de veranderingen in de hoogstamboomgaarden t.o.v. de situatie in 1940. Hieruit blijkt dat een groot areaal hoogstamboomgaarden (289 ha) in het studiegebied Eijsden is veranderd in ander agrarisch landgebruik. Ook in de periode 1980-1995 is er in het studiegebied een groot areaal aan hoogstamboomgaarden verdwenen, in totaal 198 ha. De analyse is gebaseerd op interpretatie van luchtfoto's van 1980 van het gebied. De situatie in 1995 is gebaseerd op de Top10-vector. In tabel 3.9 zijn de veranderingen in de periode 1980-1995 weergegeven. Deze sterke achteruitgang in het areaal hoogstamboomgaarden sinds de jaren '40 is algemeen bekend en het behoud van het kleine areaal overgebleven hoogstamboomgaarden wordt door menigeen onderkend.



Figuur 3.10 Topgrafische kaartbladen uit 1925 voor het studiegebied Eijsden. Deze kaarten komen uit de Historische Atlas Limburg (ROBAS, 1989)

Tabel 3.8 Huidige veranderingen in de Hoogstam Boomgaarden t.o.v. situatie in 1940

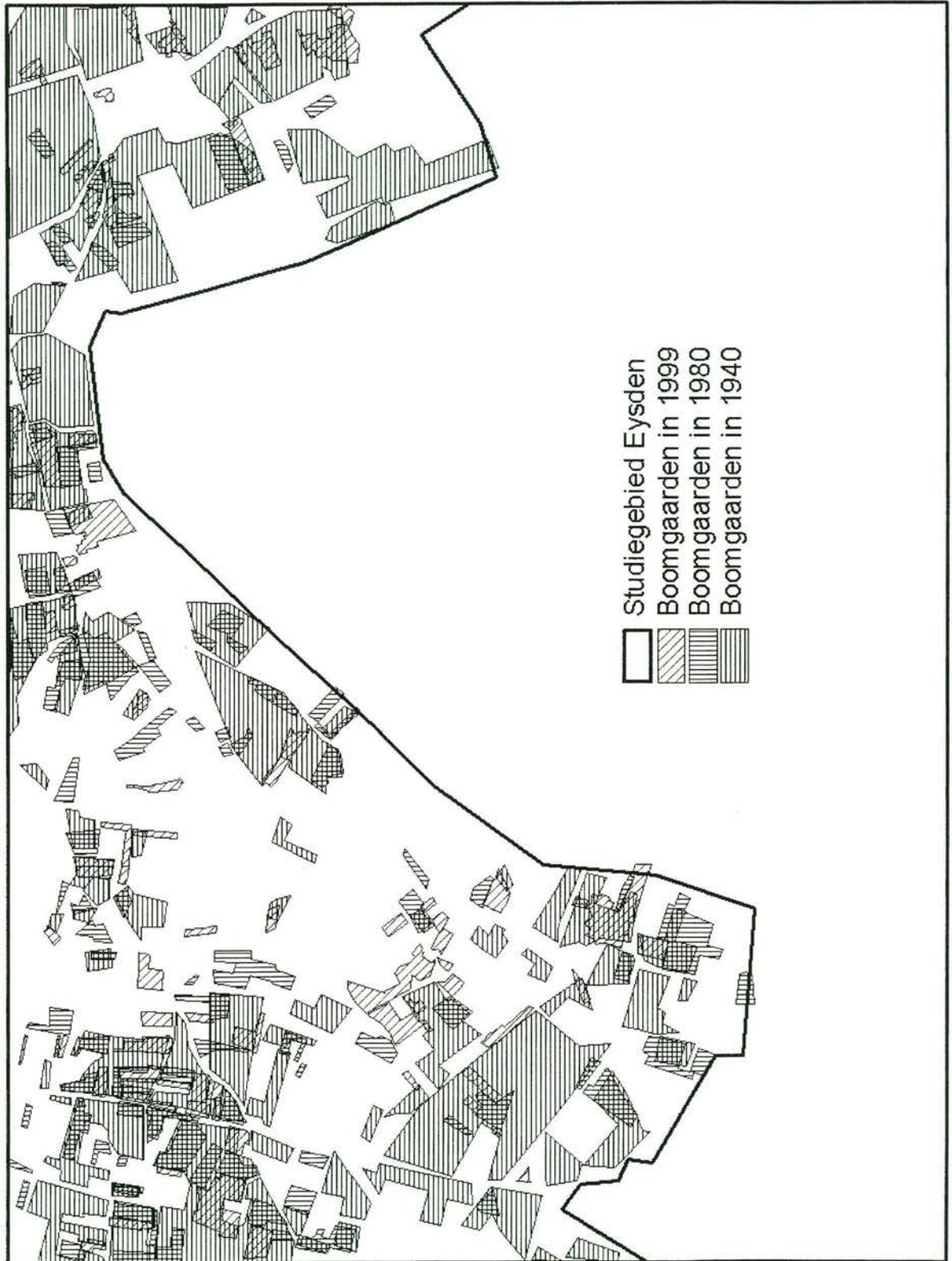
Boomgaarden uit 1940 (323 ha) zijn verandert in:		
	Situatie in 1995 (ha)	Situatie in 1999 (ha)
Hoogstam boomgaard (gebleven)	55	34
Bouwland	73	81
Fruïtkwekerij	28	28
Loofbos	7	7
Weiland	129	141
Overige bodemgebruik	31	31
Totaal	323	323

Tabel 3.9 Afname areaal hoogstam-boomgaarden in de periode 1980-1995. De situatie in 1980 is gebaseerd op oude luchtfoto's van dat jaar.

CODE	Boomgaard (hoogstammige fruitbomen) uit 1980 naar:	Ha
5233	Boomkwekerij	2
5203	Bouwland	53
5313	Fruïtkwekerij (laagstammige fruitbomen)	30
5263	Overig bodemgebruik (CT)	8
5213	Weiland (CT)	105
	Totaal	198

Verrassender was echter de constatering in tabel 3.6 dat er in de periode 1995 – 1999, 51 hoogstamboomgaarden met een totaal areaal van 106 ha verdwenen is. In figuur 3.11 is de ruimtelijke dynamiek in de hoogstamboomgaarden weergegeven in de periode 1940-1999 voor het studiegebied Eijsden.

Op basis van het IKONOS beeld van mei 2000 is er nog gekeken naar de betrouwbaarheid van de Top10-vector (1999) t.a.v. van de hoogstamboomgaarden. Uit de visuele interpretatie van het panchromatische IKONOS beeld (mei 2000) is gebleken dat er van de 180 hoogstamboomgaarden (Top10, 1999) alweer 10 verdwenen zijn. Dit is wel een zorgelijke ontwikkeling te noemen. Ondanks het feit dat er alles aan gedaan wordt om het areaal hoogstamboomgaarden te behouden of uit te breiden, zie ook subsidiemogelijkheden van het Programma Beheer, lijkt de neerwaartse spiraal nog niet te zijn gekeerd. Wel moeten we hier de kantekening plaatsen dat, aangezien beide bronnen (Top10 en IKONOS) uit bijna hetzelfde jaar zijn, dat de Top10-vector misschien deze landschapselementen niet altijd even correct weergeeft. Bij het gebruik van luchtfoto's en/of IKONOS satellietbeelden kan men elke twijfel over veranderingen uitsluiten, terwijl dit niet mogelijk is op basis van verschillende updates (versies) van de Top10-vector.



Figuur 3.11 Verandering areaal hoogstam boomgaarden in de periode 1940-1999 voor het Nederlandse deel van het studiegebied Eijsden

3.4 Conclusies

Voor de meest belangrijke kleine landschapselementen binnen de studiegebieden Eijsden en Gemert is er gekeken naar de mogelijkheden om deze te detecteren op basis van IKONOS satellietbeelden. Dit is gedaan op basis van visuele interpretatie en zijn de bevindingen vergeleken met de informatie aanwezig in (true color) kleurenluchtfoto's met 1 meter resolutie en de digitale topografische kaart 1:10.000 (Top10-vector), dit om de toegevoegde waarde van de IKONOS satellietbeelden te kunnen vaststellen. Bij de interpretatie van de IKONOS satellietbeelden t.b.v. kleine landschapselementen is er in de praktijk voornamelijk gebruik gemaakt van de panchromatische beelden omdat deze het meeste ruimtelijke detail bevatten. Het gebruik van de multi-spectrale en gecombineerde (d.m.v. fusion technieken, zie 2.4.2) IKONOS satellietbeelden is dus tot nu toe minder toepasselijk geweest dan het gebruik van de panchromatische IKONOS satellietbeelden. Tijdens het veldwerk is er wel enig gebruik gemaakt van de multispectrale beelden in het geval er enige twijfel was over de thematiek (kaal of begroeid) van bepaalde landschapselementen. Een groot verschil tussen de kleurenluchtfoto's en de panchromatische IKONOS beelden is dat de panchromatische beelden ook de reflectie in het nabij-infrarood meenemen. Vegetatie reflecteert sterk in het nabij-infrarood in vergelijking met andere oppervlakken. Dit heeft tot gevolg dat de meeste landschapselementen beter zichtbaar zijn op de IKONOS satellietbeelden dan op de kleurenluchtfoto's, ondanks het feit dat de ruimtelijke resolutie van kleurenluchtfoto's iets beter is. Wordt er gebruik gemaakt van false-color luchtfoto's die ook in het nabij-infrarood meten dan valt dit voordeel van de IKONOS satellietbeelden weg. In de vergelijking van de kleurenluchtfoto's met de panchromatische IKONOS satellietbeelden voor specifieke landschapselementen, waren eigenlijk alleen wegen beter zichtbaar op de kleurenluchtfoto's. Zelfs de plastic kassen, zichtbaar linksboven in fig. 3.1., zijn beter zichtbaar op de panchromatische IKONOS satellietbeelden dan op de kleurenluchtfoto's. Ook waterwegen zijn beter zichtbaar op de panchromatische IKONOS beelden dan op de kleurenluchtfoto's. Wat betreft holle wegen, graften en houtwallen is veldwerk onontbeerlijk voor het identificeren van deze elementen, zeker in de gevallen waarbij ze onder de vegetatie verdwijnen. Indien de plaats bekend is kunnen deze elementen wel met behulp van luchtfoto's en/of IKONOS satellietbeelden in de tijd worden gevolgd. Wat betreft de kwaliteit, beheer en soortensamenstelling van specifieke landschapselementen blijft veldwerk onontbeerlijk. Hoewel, het gebruik van luchtfoto's en/of IKONOS satellietbeelden de effectiviteit van het veldwerk sterk vergroot.

Veel opvallender is het verschil van de IKONOS satellietbeelden en/of luchtfoto's met de Top10-vector. In de Top10-vector worden de meeste kleine landschapselementen sterk vereenvoudigd ruimtelijk weergegeven (op een kartografische wijze). De ruimtelijke variabiliteit van de landschapselementen, zoals de exacte begrenzingen, heterogeniteit, compachtheid en structuur, zijn alleen uit luchtfoto's en/of IKONOS satellietbeelden te halen. Het vaststellen van deze structuurparameters van individuele landschapselementen moet op dit moment worden vastgesteld op basis van visuele interpretatie. In andere woorden, het

geautomatiseerd gebruik van IKONOS satellietbeelden is op dit moment niet beter dan voor luchtfoto's (en zijn dus sterk vergelijkbaar). Het prefereren van IKONOS satellietbeelden boven (false-colour) kleurenluchtfoto's, zal dus sterk afhangen van de prijzen van het beeldmateriaal en de hele inherente pre-processing (kosten radiometrische en geometrische correcties). Hierin wordt in meer detail op in gegaan in hoofdstuk 6. Maar ook de snelheid waarmee het beeldmateriaal ter beschikking kan komen, zal voor de eindgebruiker van groot belang zijn.

Verder hebben we gezien dat het tijdstip van opname erg belangrijk kan zijn voor het detecteren van specifieke landschapselementen. Het beste moment van opname zal sterk afhangen van de landschapselementen waarin men geïnteresseerd is, maar in het algemeen kan men stellen dat een zomerbeeld te prefereren valt boven een voorjaarsbeeld voor het identificeren en karakteriseren van kleine landschapselementen.

Uit paragraaf 3.3 is naar voren gekomen dat de dynamiek van veel kleine landschapselementen erg groot is, vooral wat betreft heggen en hoogstamboomgaarden in het studiegebied Eijsden. Tussentijdse monitoring kan dus in specifieke gebieden van groot belang zijn en vergroot het belang van IKONOS satellietbeelden. Duidelijk is vastgesteld dat de TOP10-vector in deze gevallen sterk achterloopt in actualiteit en worden er vraagtekens gezet bij de betrouwbaarheid van de Top10-vector. In ieder geval is onomstotelijk vastgesteld dat wat betreft solitaire bomen er niet op de Top10-vector vertrouwd kan worden. Voor andere landschapselementen, zoals hagen en heggen, is dit ook het geval maar lijkt de Top-10 vector toch een redelijk regionaal gemiddeld beeld te geven. Dus voor het vaststellen van regionale trends (statistieken) in het aantal en areaal landschapselementen is de Top-10 vector dus goed te gebruiken behalve voor solitaire bomen. Men moet echter niet de fout maken dat men door overlays te maken van de verschillende versies van de Top10-vector men de ruimtelijke veranderingen kan weergeven. Voor de plaatsgebonden monitoring zal men gebruik moeten maken van luchtfoto's en/of IKONOS satellietbeelden in combinatie met veldwerk.

4 Analyse IKONOS voor actualisatie aardkundige waarden

4.1 Inleiding

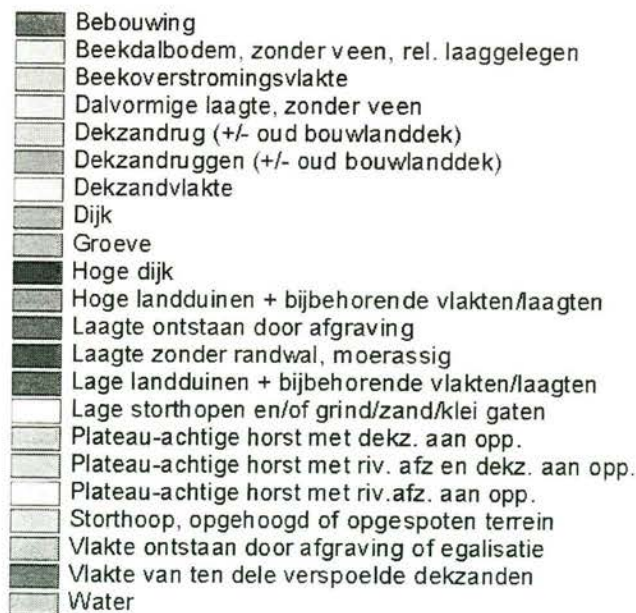
Wat zijn aardkundige waarden? De term aardkundige waarden wordt gebruikt als een verzamelnaam voor allerlei geomorfologische, geologische, bodemkundige en zelfs geohydrologische verschijnselen in het landschap, die een bepaalde waarde vertegenwoordigen. Het onderdeel geomorfologie (de terreinvormen betreffende) is hiervan het meest onderzocht en het meest bekend. Dit vanwege het feit dat de geomorfologie zich bezighoudt met het zichtbare; de vormen en patronen in de vormen zoals die zichtbaar in het landschap aanwezig zijn. Voor een groot deel zijn deze vormen overblijfselen uit het verleden en kunnen niet weer opnieuw worden gevormd, zoals de stuwwallen in oostelijk Nederland. Voor rivieren, beken en kustgebieden ligt dit anders. Hier worden sommige aardkundige waarden tot op de dag van vandaag op bepaalde locaties nieuw gevormd. Dat houdt in dat er ook betekenis wordt gehecht aan het monitoren van processen, die aardkundige waarden opleveren en dat het niet alleen gaat om het behoud van fossiele verschijnselen.

Aardkundige waarden zijn van groot belang voor het aanzien en functioneren van het landschap in Nederland. Voor de ecologie zijn aardkundige waarden van belang omdat ze de verschillen tussen hoog en laag en dus veelal tussen droog en nat bepalen. Bovendien bepalen hellingen in het landschap, hoe gering ook, de expositie ten opzichte van de zon en de overheersende windrichting, en vormen daarmee een voor de ecologie belangrijk micro-klimaat. Ook hebben de aardkundige patronen en processen in het verleden een grote invloed gehad op de ontginning van het landschap. Vooral in de natte gebieden vormden de van nature hogere begaanbare ruggen de basis voor de ontginning van een gebied, en fungeerden vaak als woonplaats. In de kustzone vestigden mensen zich vooral op kwelderwallen, strandwallen of kreekruggen, terwijl in het rivierengebied de oeverwallen de meest droge locaties vormden. Het ontginnings- en occupatiepatroon hangt dus sterk samen met de aardkundige basis.

De zichtbare vormen in het landschap en vooral de patronen daarin, maken het mogelijk het ontstaan van het landschap en de daarvoor verantwoordelijke processen te achterhalen. Aardkundige waarden vormen zo een rijk archief waarin het ontstaan en ontwikkelingen van het landschap liggen opgeslagen. Tenslotte blijkt het reliëf bij te dragen aan de visuele en daarmee recreatieve aantrekkelijkheid van het landschap.

Ondanks het feit dat aardkundige waarden van groot belang zijn voor de natuur, de cultuurhistorie en het kunnen lezen van het ontstaan van het landschap, worden ze in Nederland sterk bedreigd. De toenemende verstedelijking en de ontwikkeling van grote infrastructurele projecten eisen hun tol. Ook de schaalvergroting en intensivering in de landbouw heeft in het (recente) verleden veel zichtbare aardkundige waarden aangetast of doen verdwijnen, getuige de vele egalisaties die het micro-reliëf hebben uitgewist. Uit betrouwbare schattingen is gebleken dat ongeveer

een kwart van het landoppervlak in Nederland zodanig is veranderd dat de aardkundige waarden daar onherkenbaar zijn geworden (Koomen, 1999 en Koomen *et al.* 1999). Deze sterke achteruitgang vraagt om monitoring van de aardkundige waarden. Hiertoe is in het kader van het Meetnet Landschap het AardKundig Informatie Systeem (AKIS) opgezet. Echter het AKIS omvat op dit moment de referentie-situatie van de Geomorfologie van Nederland zoals deze in de jaren 1970-1995 is gekarteerd. Met het oog op de toekomst is actualisatie zeer gewenst. In deze paragraaf wordt ingegaan op de mogelijke bruikbaarheid van IKONOS satellietbeelden voor de herkenbaarheid en monitoring van het reliëf aan het aardoppervlak.



Figuur 4.1 Digitaal bestand met aardkundige waarden (AKIS), met deelleghanda voor Gemert

4.2 Gebruik IKONOS voor aardkundige waarden

Figuur 4.2 laat het panchromatische IKONOS beeld van Gemert zien, in figuur 4.3 zijn de grenzen van het digitale aardkundige waarden bestand over dit beeld geprojecteerd. Deze combinatie laat zien dat de begrenzingen van de vlakken die in het aardkundige waarden bestand zijn opgenomen niet te herkennen zijn op het panchromatische IKONOS beeld.



Figuur 4.2 IKONOS panchromatische opname van Gemert



Figuur 4.3 IKONOS panchromatische opname van Gemert met grenzen van digitale aardkundige waarden

In figuur 4.4 wordt het multi-spectrale IKONOS beeld van Gemert als infra-rood afbeelding weergegeven, in figuur 4.5 zijn de grenzen van het digitale aardkundige waarden bestand over deze afbeelding geprojecteerd. Vegetatie patronen zijn op de infra-rood afbeelding beter te herkennen dan op het panchromatische beeld. Deze combinatie laat zien dat de begrenzingen van de vlakken die in het aardkundige waarden bestand zijn opgenomen ook niet te herkennen zijn op de infra-rood afbeelding van het multi-spectrale IKONOS beeld.



Figuur 4.4 IKONOS infra-rood opname van Gemert



Figuur 4.5 IKONOS infra-rood opname van Gemert met grenzen van digitale aardkundige waarden

4.3 Conclusie

Voor het deelgebied Gemert zijn de gebruikte IKONOS opnamen niet geschikt om als bron te dienen voor het aardkundige waarden bestand. Wellicht kunnen IKONOS beelden gebruikt worden als vegetatie- of topografische patronen samenvallen met reliëfpatronen. Dit geldt echter maar voor beperkte delen van Nederland. Bovendien zijn andere bronnen zoals het Algemeen Hoogtebestand Nederland (AHN) gebaseerd op laseraltimetrie (ook een remote sensing techniek) al gedeeltelijk beschikbaar voor Nederland en biedt meer perspectief voor het monitoren van aardkundige waarden. Het lijkt dus niet zinvol om IKONOS beelden aan te schaffen als bron voor de inventarisatie van aardkundige waarden.

5 Analyse IKONOS voor actualisatie HISTLAND

5.1 Inleiding

Bij Alterra is de laatste jaren gewerkt aan het opbouwen van het Historisch-Geografisch GIS (Histland), waarin informatie over de betekenis en waarde van elementen en patronen in het hedendaagse Nederlandse cultuurlandschap op digitale wijze wordt opgeslagen. Een bedreiging voor elk GIS is de verouderingsfactor van het basismateriaal (Bont, 1998, Vervloet 1994). In dit onderzoek is nagegaan in hoeverre het met behulp van Remote Sensing technieken mogelijk is om Histland met een zekere regelmaat te actualiseren. Kernvraag is in hoeverre IKONOS satellietbeelden en luchtfoto's daarvoor geschikt zijn en, zo ja, onder welke randvoorwaarden.

5.2 Historische Geografie en het Topografisch Archief

Historisch geografen houden zich bezig met de wijze waarop zich de mens in het verleden in een bepaalde historisch-landschappelijke setting een bestaan heeft verzekerd en wat voor ingrepen in het landschap daarvoor moesten worden uitgevoerd. Eeuwenlang menselijk ingrijpen heeft een grote hoeveelheid elementen in het landschap achtergelaten. Sommige hadden slechts een beperkte levensduur, andere zijn tot op de dag van vandaag in het cultuurlandschap aanwezig, soms nog in hun oorspronkelijk uiterlijk, al dan niet corresponderend met hun oorspronkelijke functie. Anders dan de archeologen, die hun vondsten doen in het archeologisch bodemarchief, zien de historisch geografen het huidige landschap en de topografische onderdelen waaruit dat is opgebouwd als een van hun onderzoeksobjecten¹: het topografisch archief. Het topografisch archief is het samenspel van alle zichtbare elementen op de topografische kaart, voor zover daarvan een historische component is te onderscheiden.

Ontwikkelingen in het topografisch archief laten zich in Nederland vanaf ca. 1850 vanaf de oudste uitgaven van de Topografische en Militaire Kaart van het Koninkrijk der Nederlanden, schaal 1:50.000 goed volgen² (Linden, 1973; Bont, 1986; Historische Atlas, 1990). Vanaf het laatste kwart van de 19^{de} eeuw is Nederland kartografisch weergegeven op de zogenaamde Bonne-kaartjes (schaal 1:25.000). Probleem bij deze kleinere kaartjes is dat bij een nieuwe uitgave niet altijd duidelijk is welk deel van de kaart werkelijk is vernieuwd. In veel gevallen is alleen wat nieuwe infrastructuur (spoorweg, kanaal) aan het oudere kaartbeeld toegevoegd. Afgezien van de perikelen die samenhangen met de zogenaamde Nooduitgave van vlak na WO

¹ We gaan hier voorbij aan de minder toepassingsgerichte historisch-geografische onderzoeksvelden.

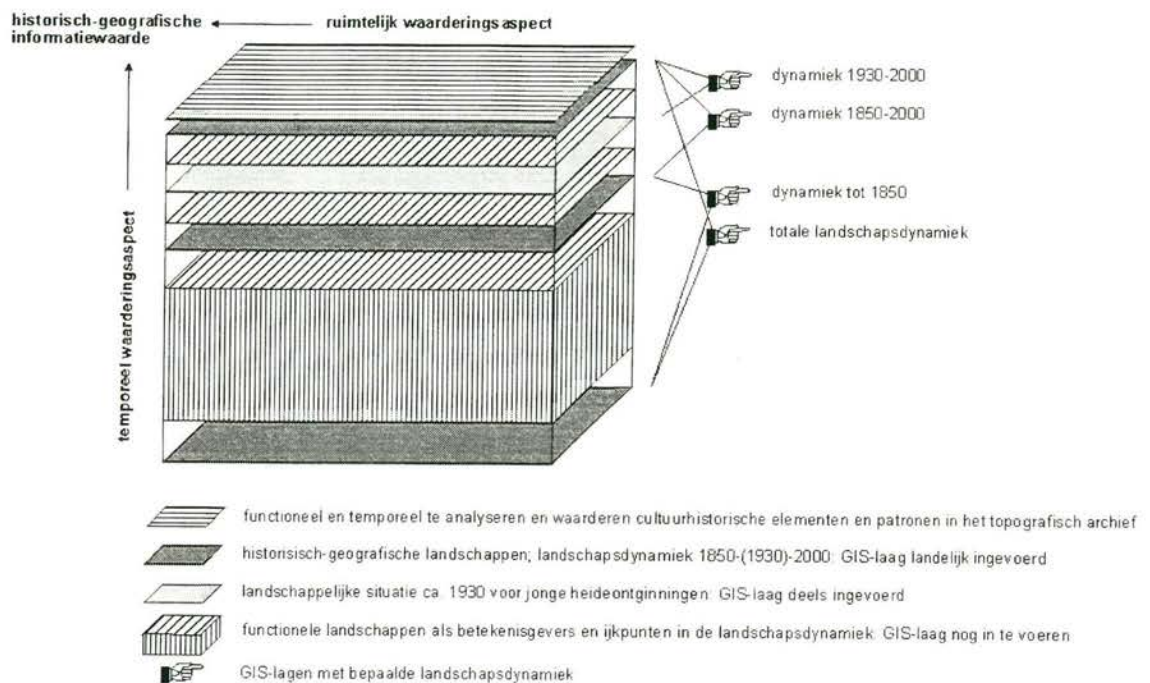
² Van der Linden 1973. De oudste uitgave van deze TMK was in zwart-wit. De vierdelige uitgave van de Historische Atlas van Nederland is wel in kleur, maar bevat de zogenaamde Netkaarten aan de hand waarvan de zwart-wit litho's zijn vervaardigd. In het historisch-geografisch archief van het team Landschap zijn tot 1:25.000 opgeblazen foto's van deze Netkaarten aanwezig.

II is vanaf eind jaren '50, begin jaren '60 de topografische weergave van Nederland op redelijk uniforme wijze geschiedt en ook geactualiseerd.

5.3 Het Historisch-Geografisch GIS

De gegevens binnen de GIS-structuur hebben een functionele en temporele invalshoek, waarbij ze retrospectief, dus terugkijkend vanuit het hedendaagse cultuurlandschap naar het verleden, zijn geïnventariseerd en benoemd. De inhoud van het Cultuurhistorisch GIS bestaat momenteel uit een tweetal lagen (fig. 5.1), nl.:

- 'Historisch-geografische ontginningslandschappen', waarin, uitgaand van het concept van de elf historisch-geografische landschappen (Vervloet 1994; De Bont 1998) een nader onderverdeling en verfijning is uitgevoerd (fig. 5.2).
- 'Landschapsveranderingen tussen 1850-(1930)-2000', waarbij de veranderingen in verkavelingsstructuur per topografische eenheid zijn benoemd.



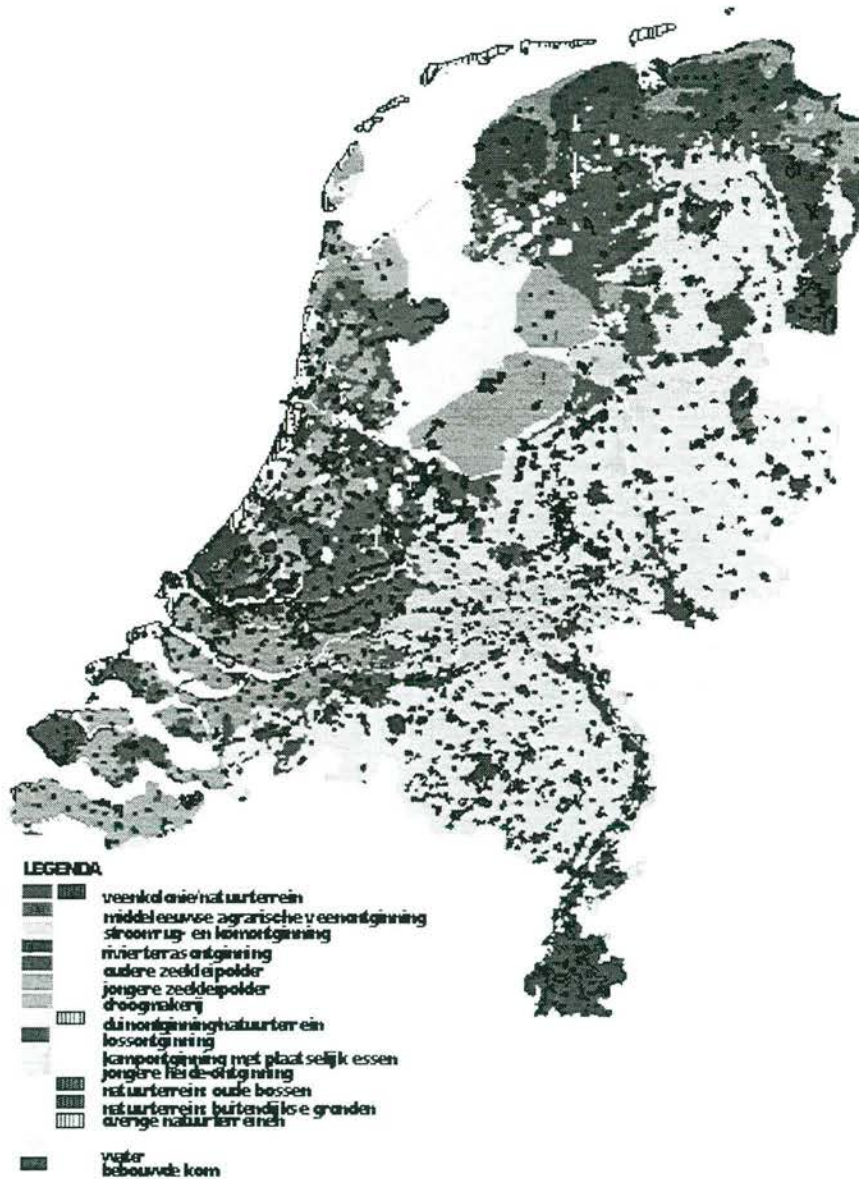
© Chris de Bont, 2001 Alterra Wageningen-UR

Figuur 5.1 Opbouw van het Cultuurhistorisch GIS, onderdeel historische geografie

Hoewel deze lagen een belangrijk inzicht geven in de historisch-geografische informatiewaarde van het huidige cultuurlandschap (ruimtelijk en temporeel) blijft de functionele betekenis van de elementen en patronen nog onderbelicht. Dit historisch-functionele aspect vond zijn neerslag in functionele landschappen, zoals:

1. het secundaire traditioneel agrarische landschap
2. het ruilverkavelingslandschap
3. het landgoederenlandschap

4. het landschap van het historisch waterbeheer
5. het militaire (inundatie)landschap
6. historische natte en droge infrastructurale landschappen
7. stedelijke landschappen



Figuur 5.2 De historisch-geografische landschappen van Nederland

De verschillende historisch-functionele landschappen hebben gebiedsoverstijgende en gebiedseigen, algemene en specifieke kenmerken. Mede met gebruikmaking van informatie uit de verschillende functionele landschappen kan overigens ook de 'totale landschapsdynamiek' worden bepaald.

Het ruimtelijke en temporele aspect, benoemd in termen van historische functionaliteit, levert de 'historisch-geografische informatiewaarde' op: een maat waarin alle

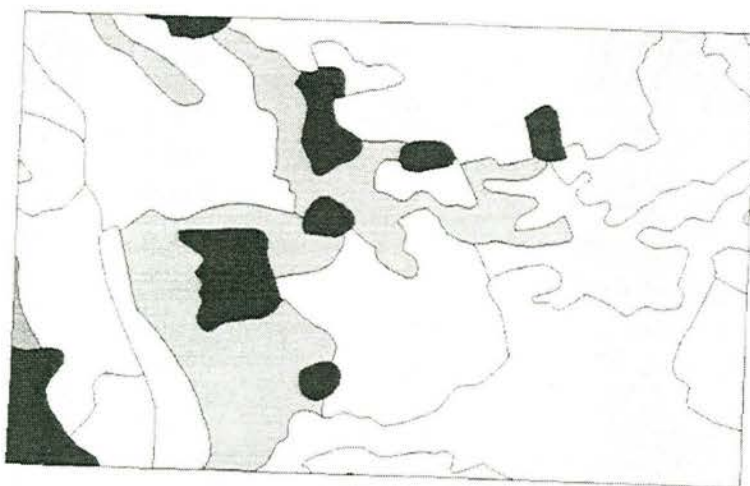
aspecten van de bewoningsgeschiedenis optimaal en navolgbaar is gekoppeld aan de nu nog in het cultuurlandschap aanwezige sporen van vroeger menselijk handelen.

5.4 IKONOS satellietbeelden en luchtfoto's

Hoewel IKONOS satellietbeelden een opmerkelijke resolutie kennen is de inzetbaarheid van deze informatie om veranderingen in het Topografisch Archief op te sporen afhankelijk van de beschikbaarheid van opnamen voor grotere delen van Nederland voor (min of meer) hetzelfde tijdstip. OP dit moment zijn slechts voor enkele delen van Nederland IKONOS satellietbeelden beschikbaar. Daarom is het goed de vraag naar het actualiseren van Topografisch Archief met behulp van Remote Sensing technieken te verbreden in de richting van luchtfoto's. Een aantal opmerkingen die naar aanleiding van ervaringen in het studie gebieden Eijsden en Gemert zijn opgedaan, hebben dan ook zowel betrekking op IKONOS satellietbeelden als op luchtfoto's.

5.5 De proefgebieden

Voor de proefgebieden Gemert (Br.) en Eijsden (L.) is nagegaan in hoeverre veranderingen in de topografie met behulp van Remote Sensing technieken zijn te volgen., De proef is verder toegespitst op het studiegebied Gemert, omdat het Historisch-Geografisch GIS voor Eijsden (nog) niet genoeg informatie bevat. Er is bekeken of historisch-geografisch geduide topografische elementen en structuren op IKONOS satellietbeelden en luchtfoto's herkenbaar zijn.



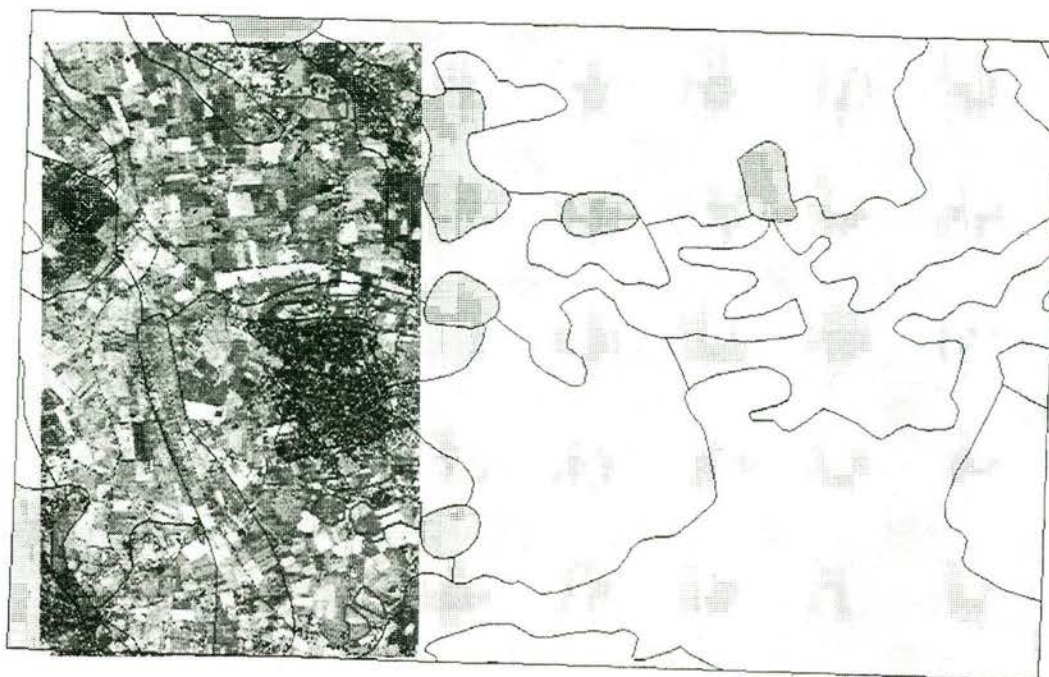
Figuur 5.3 Uitsnede van Gemert en omgeving uit HISTLAND voor de GIS-laag historisch-geografische landschappen. Legenda: zwart: bebouwde kom; donkergrijs: kampenontginning met plaatselijk essen; lichtgrijs: (jonge) heideontginningen

Fig. 5.3 is een uitsnede van Gemert en omgeving uit HISTLAND voor de GIS-laag historisch-geografische landschappen. Fig. 5.4 toont voor een deel van de gemeente

Gemert een IKONOS panchromatisch beeld (13 Juni 2000) met daarop aangegeven de omgrenzing van de open akkercomplexen zoals die uit gedetailleerd historisch-geografisch onderzoek bekend zijn (De Bont, 1993).



Figuur 5.4 Open akker-complexen (rood omlijnd) op een recent IKONOS satellietbeeld voor een deel van de gemeente Gemert



Figuur 5.5 Combinatie van het IKONOS satellietbeeld met open akker-complexen (omlijnd) en uitsnede HISTLAND.

5.6 Historische geografie, topografie en luchtfoto-analyse

Bij de confrontatie tussen historische geografie, topografie en een analyse van IKONOS beelden en/of luchtfoto's o.a. ten behoeve van het actualiseren van het Historisch-Geografisch GIS (Histland) is de specifiek historisch-geografische informatie in meerdere stappen aan de topografie en de luchtfoto gekoppeld. De historisch geograaf houdt zich bezig met het topografische archief, een temporeel-functionele vertaling van een aantal elementen en patronen in de huidige topografie. De vraag valt dan vervolgens uiteen in tweeën:

- In hoeverre zijn al geïnventariseerde historisch-geografische elementen en structuren in de huidige topografie zichtbaar ?
- In hoeverre geven luchtfoto's (en IKONOS beelden) zicht op recente veranderingen in de inrichting van het Nederlandse cultuurlandschap ?

5.6.1 Relatie historische geografie en topografie

Hoewel de historische geografie geen wettelijk beschermingskader kent wordt meestal stilzwijgend aangehaakt bij de wettelijk beschermde historische bouwkunde gehanteerde grens voor monumenten-status van minimaal vijftig jaar oud. In fig. 5.6. is voor een aantal lijnvormige topografische elementen aangegeven welke historisch-geografische betekenis daar 'achter' kan zitten (De Bont, 1986). Afgezien van deze tijdsbeperking komen in principe alle topografische elementen en patronen voor een historisch-geografische beschrijving en waardering in aanmerking.

1e nivo	2e nivo	3e nivo
Weg	locaal	drift hooiweg kerkweg overig
	interlocaal	postweg hessenweg kerkweg koningsweg overig
Dijk	zeewaterkerend	stuifdijk aandijkingskade slaperdijk overig
	rivierwaterkerend	winterdijk zomerdijk kwelkade schaardijk overige
	binnenwaterkerend	polderdijk ringdijk inundatiedijk landscheiding overige
	niet waterkerend	zanddijk overige
Waterweg	vergraven	trekvaart
	gegraven	lozingskanaal inundatiekanaal turfkanaal overige
Grens	nationaal	rijks grens overige
	regionaal	provinciegrens waterschapsgrens ruilverkavelingsgrens overige
	locaal	gemeentegrens bangrens/ markegrens poldergrens overige
Overige lijnelementen		spoorweg, tramweg landweer, vestigingswerk, stadsmuur hoofdstrucuurlijn, zover nog niet vastgelegd

Figuur 5.6 De relatie tussen de topografische aanduiding en de historisch-geografische betekenis van lijnvormige elementen op de topografische kaart (naar De Bont 1986)

De topografische kaart zelf is weliswaar een belangrijke bron voor de historisch geograaf, maar de selectie vindt volgens vakinhoudelijke criteria plaats en niet door een interpretatie van de topografische kaart.

5.6.2 Relatie topografie en luchtfoto's

De relatie tussen de Historische Geografie en luchtfoto's kan worden gelijkgesteld aan de relatie tussen de topografie en luchtfoto's. Wel vallen de jongere elementen en patronen die vanaf ca. 1950 zijn ontstaan (nog) buiten de beschouwing. Deze schifting kan zich waarschijnlijk vrij gemakkelijk langs digitale weg laten opsporen. Mogelijk is er al materiaal digitaal voorhanden (bij de topografische dienst of bij de Rijksdienst voor de Monumentenzorg). Als dat nog niet het geval is kan met een redelijk eenvoudige exercitie in deze omissie worden voorzien.

5.7 Conclusie

De conclusie van dit proefonderzoekje is tweeledig, maar vrij eenvoudig:

- Om het topografisch archief als drager van veel toegepast historisch-geografisch onderzoek te kunnen actualiseren voldoet de aanpak van actualisatie van de topografische kaart met behulp van IKONOS beelden en luchtfoto's goed.
- Wel is het zaak om de koppeling tussen de 'gewone' topografie en het in de richting van een historisch-geografische betekenis vertaalde topografisch archief niet alleen op topografisch niveau up-to-date te houden, maar zeker ook vakinhoudelijk. Immers, de waarde van een tot op de dag van vandaag bijgehouden topografisch bestand in bijvoorbeeld een GIS-omgeving staat of valt met de zeggingskracht van de vakinhoudelijke gegevens. Alleen een technisch onderhoud van het Historisch-Geografisch GIS lijdt tot schijnzekerheid.

In het algemeen is duidelijk dat door verdere samenwerking en toetsing in meerdere gebieden het actualisatie-probleem van het Historisch-Geografisch GIS (Histland) zeker tot een oplossing kan worden gebracht. Het lijkt zeker de moeite waard om na te gaan of het mogelijk is om vanuit een meer geïntegreerde landschappelijke aanpak vooral veranderingen in de veelzeggende combinatie geomorfologie en historische geografie met behulp van Remote Sensing technieken op te sporen en daarmee ook het vakinhoudelijke aspect nader aan te vullen.

6 Kosten en baten analyse voor gebruik IKONOS beelden

De gebruikte IKONOS satellietbeelden zijn in 2000 tegen een gereduceerd tarief van Fl. 55,- per km² bij NEO BV. aangeschaft. De prijs van een IKONOS satellietbeeld is echter op dit moment (2001) meer dan verdubbeld: \$53,- per km² ! (zie <http://www.si-eu.com/pricing.asp> voor actuele prijzen). Dit heeft deels te maken met de problemen die er zijn gerezen tussen Space Imaging Europe en Space Imaging Inc. waardoor het niet langer mogelijk is om beelden via Space Imaging Europe te bestellen. Bij het aanschaffen van grote hoeveelheden data is een prijsreductie echter wel mogelijk. Voor de prijs van \$53,- per km² wordt zowel het panchromatische (1 meter detail) als het multi-spectrale IKONOS satellietbeeld (4 meter detail) geleverd. De beelden zijn voorzien van georeferentie in het UTM projectiestelsel en kunnen rechte reeksen of met behulp van paspunten getransformeerd worden naar het Rijks Driehoekstelsel. De beelden zijn echter niet gecorrigeerd voor hoogteverschillen in het terrein (geen ortho-rectificatie). Het is wel mogelijk om beelden met ortho-rectificatie te bestellen, maar de prijs bedraagt dan \$204,- per km². Een aanzienlijk hoger bedrag en bovendien moet de gebruiker hiervoor zelf een digitaal hoogtemodel aanleveren. Voor de Nederlandse situatie loont het zich dan ook nauwelijks om ortho-gerectificeerde IKONOS satellietbeelden aan te vragen.

Alle genoemde prijzen gelden voor nieuw op te nemen IKONOS satellietbeelden, voor beelden uit het archief gelden lagere prijzen. Maar spijtig genoeg wordt er voor Europa (en Nederland specifiek) niet actief een archief bijgehouden. Alleen eerder bestelde IKONOS beelden zijn hierin opgeslagen.

Bij bestelling van IKONOS beelden worden er door Space Imaging ook nog de nodige voorwaarden gesteld :

- Voor nieuwe beelden geldt een minimum aaneengesloten oppervlakte van 100 km². Het is op dit moment niet mogelijk om kleinere gebieden te bestellen (dit zou interessant zijn voor een Europees Landschaps Monitoringsysteem waarbij km-hokken verspreid over Europe in detail gemonitord worden).
- Verschillende niet aaneengesloten gebieden worden als verschillende bestellingen gezien.
- Voor beelden uit het archief (in opbouw) geldt een minimale oppervlakte van 25 km².
- Er geldt een minimale bestellingsperiode van 60 dagen, kortere perioden van 7 tot 59 dagen zijn wel mogelijk maar kosten \$3000,- extra.
- Bestelde beelden mogen 20 % bewolking (inclusief schaduw) bevatten. Bij een hoger percentage bewolking is er geen afnameverplichting.

Deze voorwaarden worden door de auteurs zeer onaantrekkelijk gevonden en beperken het gebruik van IKONOS satellietbeelden. Bovendien is in de praktijk ondervonden dat de snelheid waarmee de beelden ter beschikking komen nog trager

is dan hierboven geschetst. Informatie over een geslaagde opname (aangevraagd door Alterra) kwam pas na meer dan één maand na opname in 2000 beschikbaar, vervolgens duurde de levering na bestelling nog anderhalve maand. Volgens informatie van Space Imaging Inc. is de gemiddelde levertijd op dit moment 90 dagen.

Voor een ander recent project van Alterra is een prijsopgave voor het maken van infra-rode luchtfoto's van 10 natuurgebieden in Nederland bij Lufthansa opgevraagd. Het gaat hierbij om luchtfoto's met een schaal van 1 : 5000 waarbij met 80% overlap opgenomen wordt (dit voor het maken van stereo-opnamen). Zowel diapositieven als contactafdrukken zullen worden geleverd. De totale oppervlakte van de 10 locaties samen bedraagt ongeveer 8 km² (800 ha). De gemiddelde kosten komen hierbij op f1685,- per km². Een vergelijkbare opdracht bij Space Imaging voor IKONOS satellietbeelden zou echter op f87.500,- uitkomen. Deze prijs volgt uit de berekening 10 (locaties) * 100 km² (minimum aaneengesloten oppervlakte) * 35 (\$ per km² voor infra-rood opname met 1 m detail) * 2.5 (omrekenkoers dollars naar gulden). Dit komt dus neer op bijna f11.000 per gewenste km²!. Er wordt wel meer geleverd maar dit valt buiten de gebieden van interesse. Bovendien heeft men met de IKONOS beelden nog geen stereo-opnamen.

Sinds kort zijn via TerraImaging in Amsterdam digitale luchtfoto's verkrijgbaar. Een gedetailleerd overzicht van de kosten kan nu nog niet worden gegeven, maar ter indicatie wordt een bedrag van f400,- per km² genoemd. Het product wat hiervoor geleverd wordt omvat een digitale opname die vergelijkbaar is met de multi-spectrale opname van IKONOS. Echter men krijgt wel een ruimtelijke resolutie detail van 15 cm en de luchtfoto's zijn ortho-gerectificeerd. Daarnaast wordt tevens het gebruikte hoogtebestand meegeleverd. De prijs kan verlaagd worden bij afname van grote hoeveelheden data of bij afname van de data met een lager detailniveau (informatie TerraImaging: zie www.terraimaging.nl).

In het kort kan men zeggen dat de levering van IKONOS satellietbeelden nog te wensen overlaat en dat de prijs nog veels te hoog is. Maar men moet ook het oog op toekomst richten en dan ziet men dat de komende jaren meerdere zeer hoge-resolutie satellietensoren worden gelanceerd. In de onderstaande tabel wordt in het kort de te verwachten zeer hoge-resolutie satellietensoren beschreven. Hiermee wordt de kans op een beschikbare opname enorm vergroot en kan wellicht door toenemende concurrentie tussen bedrijven de prijs gaan dalen. Ook wordt door NEO BV getracht om een IKONOS satellietbeeldenarchief voor Nederland op te bouwen waardoor veel meer IKONOS satellietbeelden beschikbaar komen en tegelijkertijd tegen een lagere prijs.

Een goede vergelijking tussen de kosten van IKONOS satellietbeelden en luchtfoto's is echter lastig te maken. Dit heeft vooral te maken met de specifieke wensen van de gebruiker. Voor een aaneengesloten gebied van minimaal 100 km² waarbij de opnamedatum niet binnen een periode van minder dan 60 dagen hoeft te liggen lijkt IKONOS geen dure keuze. Gaat het echter om een groot aantal kleine locaties dan

lijken luchtfoto's op dit moment een goedkopere keuze. Verder zijn er zeer grote verschillen in het detail voor luchtfotografie (25 cm) en zeer hoge resolutiebeelden zoals IKONOS (1m panchromatisch en 4 m infra-rood). Is een detail van kleiner dan 1 meter gewenst dan valt IKONOS af. Deze conclusies wijzigen weer als er een goed IKONOS archief van Nederland kan worden opgebouwd. IKONOS komt dan wellicht gunstiger naar voren. Maar ook dit is weer afhankelijk van in hieverre het archief wat met de (digitale) luchtfotografie wordt opgebouwd.

Tabel 6.1 Kosten luchtfoto's en hoge-resolutie satellietbeelden

Satelliet-/lucht-foto	Opname-grootte (km ²)	Opname periode	Spectrale banden(µm)	Prijs* (/km ²)
TDN (panchromatisch)	4*4	1994-1997	ca.0.4-0.7 (zichtbaar)	f 12,5
Eurosense (true color)	4*4	zomer 1996	ca. 0.4-0.5 (blauw) ca. 0.5-0.6 (groen) ca. 0.6-0.7 (rood)	f 62,5
IKONOS (panchromatisch)	11*11	begin mei 2000	0.45-0.90 (zichtbaar en nabij-infrarood)	\$35,-
IKONOS (multispectraal)	11*11	begin mei 2000	0.45-0.52(blauw) 0.52-0.60(groen) 0.63-0.69(rood) 0.76-0.90(nabij-infrarood)	\$35
IKONSOS (pan + ms)				\$53,-
inclusief orthorectificatie met hoogtemodel van de gebruiker				\$204,-
TerraImaging Digitale Infrarood opname en hoogtemodel inclusief orthorectificatie		vanaf 2000		f1 400,- (indicatie)

7 Conclusies en aanbevelingen

Het gebruik van Remote Sensing opnamen in het Meetnet Landschap heeft alleen zin indien de techniek een duidelijke meerwaarde oplevert naast de Top10-vector in de vorm van aanvullende en/of actuele informatie. Inzet van zeer hoge resolutie satellietbeelden (ZHRS) moet men in eerste instantie verwachten voor kleinere en specifieke gebieden. Het feit dat de uitvoering van het landschapsbeleid wordt gedecentraliseerd betekent dat het Meetnet Landschap ook zal moeten worden gebruikt door andere actoren binnen het landschapsbeleid zoals de provincies, gemeenten en particuliere organisaties. Verder is om de identiteit van het Nederlandse landschap te waarborgen, speciale aandacht vereist voor karakteristieke gebieden met bijzondere landschappelijke en historische waarden, zoals de Waardevolle Cultuur Landschappen (WCL). Verder zal bij de uitvoering van regelingen meer en meer gebruik worden gemaakt van registratie in een GIS-omgeving, zoals het Basis Registratie Percelen (BRP). Beleid op regionale schaal vraagt vaak meer gedetailleerde en actuelere informatie dan aanwezig in de Top10-vector. Ook voor de beantwoording van ad hoc vragen vanuit het beleid kan actuele informatie noodzakelijk zijn. De uiteindelijke behoefte aan tussentijdse monitoring zal sterk worden bepaald door de veranderingsnelheid van relevante topografische, i.c. landschappelijke grootheden. Bovendien is er al uit eerdere studies (Zeeuw, et al., 1999; Zeeuw, C.J. de en G.W. Hazeu, 2001) gebleken dat monitoren met behulp van (updates van de) Top10-vector zeer beperkt is. Dit wordt nog eens versterkt door het feit dat de TDN bij actualisatie van de Top10-vector niet bijhoudt of het om een verandering gaat of om het herstel van een foute interpretatie. Bij ruimtelijke vergelijking van verschillende Top10-bestanden gaat het dus vaker om ruis dan om werkelijk gemeten veranderingen! De Top10-vector is wel uitstekend geschikt om regionale trends in de dynamiek van afzonderlijke elementen te geven.

Er is in deze studie nagegaan in hoeverre zeer hoge-resolutie satellietbeelden, lees IKONOS, een toegevoegde waarde kunnen hebben ten opzichte van luchtfoto's en de Top10-vector in het *Meetnet Landschap*, waar het de meetdoelen aardkundige, cultuurhistorische, en landschapsecologische waarden betreft. Meeste aandacht was er binnen deze studie voor de kartering van kleine landschapselementen. Er waren twee studiegebieden uitgekozen: Eijsden, gelegen in de Voerstreek in Zuid-Limburg en Gemert, gelegen in de Peelstreek in Oost-Brabant. Voor de twee studiegebieden zijn IKONOS satellietbeelden vergeleken met kleurenluchtfoto's en de informatie in de Top10-vector, AKIS (het Aardkundig Informatie Systeem) en Histland (het Historisch-Geografisch GIS). Er is ook gekeken naar de snelheid in veranderingen van kleine landschapselementen en naar de actualiteit en nauwkeurigheid van de Top10-vector voor deze landschapselementen. Uit deze studie is gebleken dat IKONOS satellietbeelden en luchtfoto's, naast de Top10-vector, belangrijke informatie kunnen verschaffen voor de monitoring van kleine landschapselementen, maar minder voor het monitoren van aardkundige of cultuurhistorische waarden. Panchromatische IKONOS satellietbeelden lenen zich zelfs beter voor het detecteren opgaande beplantingen en waterwegen dan de gebruikte (true color)

kleurenluchtfoto's met 1m resolutie. Dit komt door het feit dat de panchromatische IKONOS beelden ook in het nabij-infrarood meten. Moeilijk of geenenzins is het mogelijk om met behulp van ZHRS-beelden en/of luchtfoto's uitspraak te doen over het beheer, de kwaliteit en de soortensamenstelling van kleine landschapselementen. Veldwerk blijft hiervoor onontbeerlijk. Wel kunnen luchtfoto's als IKONOS satellietbeelden dienen als basiskaart voor veldwerk, wat de voorbereiding en uitvoering van het veldwerk een stuk efficiënter maakt. Ten tweede kunnen er structuurparameters (bv. breedte, continuïteit, homogeniteit en exacte begrenzingen) d.m.v. visuele interpretatie uit de ZHRS en/of luchtfoto's worden gehaald die niet in de Top10-vector aanwezig zijn. Ten derde blijkt dat de Top10-vector vaak te onbetrouwbaar is wat betreft kleine landschappelijke elementen. Er moet dus voor veldwerk en/of regionale studies ook gebruik worden gemaakt van ZHRS en/of luchtfoto's. Als actualiteit een belangrijke voorwaarde is dit een extra argument om gebruik te maken van recente IKONOS satellietbeelden en/of luchtfoto's. Dit omdat uit deze studie en andere is gebleken dat de dynamiek (lees achteruitgang) van vele kleine landschapselementen zeer hoog is.

Het monitoren van regio's met zeer hoge-resolutiesatellietbeelden (ZHRS) biedt meer perspectief op langere termijn. Normaliter is het gemakkelijker om aan recente satellietbeelden te komen (juist door continuïteit in opnames) dan om aan recente luchtfoto's te komen. Helaas is dit wat betreft het snel verkrijgen van IKONOS satellietbeelden nog niet erg realistisch. Vooral het slechte functioneren van Space Imaging Europe en het gevoerde beleid van Space Imaging International is hier debet aan. Een goed beeldarchief waaruit gebruikers snel data kunnen downloaden en een gunstiger prijsbeleid zijn essentiële voorwaarden voor het succes van IKONOS satellietbeelden.

Er zal een steeds grotere behoefte ontstaan om de betrouwbaarheid en nauwkeurigheid van de Top10-vector voor de verschillende (landschaps)elementen te kwantificeren. Op basis van de in het veld uitgevoerde landschapsinventarisaties is het mogelijk om tot een betere validatie van de Top10-vector en van visuele interpretatie van IKONOS satellietbeelden te komen. Op het moment van deze studie waren geen referentiegegevens beschikbaar.

Verder zal er gekeken moeten worden of de landschapselementen en hun structuurparameters op een (half-) geautomatiseerde wijze uit IKONOS satellietbeelden gehaald kunnen worden. Een softwarepakket als ECOGNITION biedt hiervoor mogelijk aanknopingspunten. Ook zal het geïntegreerde gebruik van IKONOS satellietbeelden met het Actuele Hoogte Bestand van Nederland (AHN) mogelijk meer alternatieven bieden voor het detecteren van landschapsecologische, cultuurhistorische en aardkundige waarden. Verder is het noodzakelijk dat de mensen die juist in het veld zitten, meer ervaring krijgen met het gebruik van IKONOS satellietbeelden omdat zij uiteindelijk de werkelijk toegevoegde waarde bepalen.

8 Literatuur

Bakermans, M.M.G.J., 1986. Gebruiksbeperkingen van de moderne topografische kaart bij onderzoek in het cultuurlandschap. Wageningen, PUDOC, Reeks Landschapsstudies deel 7.

Bont, Chr. De, 1986. Opbouw en toetsing van de legenda van de historisch-landschappelijke kaart van Nederland 1:50.000. Stichting voor Bodemkartering, rapport nr. 1946. Wageningen.

Bont, Chr. De, 1993. '...Al het merkwaardige in bonte afwisseling...'; een historische geografie van Midden- en Oost-Brabant. Bijdragen tot de Studie van het Brabantse Heem 36. Stichting Brabants Heem, Waalre.

Bont, Chr. De, 1998. The cyclone's eye: Historical dynamics and valuation in the man made landscapes of the Netherlands. In: Sereno, P., en M.L. Sturani (ed.), *Rural landscape between state and local communities in Europe; past and present*. Proceedings of the 1994 meeting of the Standing European Conference for the study of the Rural Landscape at Torino, p. 203-213. Torino.

Chavez, P.S., S.C. Sides en J.A. Anderson, 1991. Comparison of three different methods to merge multiresolution and multispectral data: Landsat TM and SPOT panchromatic. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* 57: 295-303.

Dijkstra, H., J.F. Coeterier, M.A. van der Haar, A.J.M. Koomen en W.L.C. Salden 1997. Veranderend cultuurlandschap. Signalering van landschapsveranderingen van 1900 tot 1990 voor de Natuurverkenning 1997. SC-DLO, Rapport 544, Wageningen.

Dijkstra, H. en J. Roos-Klein Lankhorst, 1995. Haalbaarheidsstudie Meetnet Landschap. Wageningen, DLO-Staring Centrum/IKC-Natuurbeheer, Rapport 390/Onderzoeksreeks Nota Landschap nr. 4.

Dijkstra, H., H.J.J.C.M. van Blerck en M.A. van der Haar, 1998. Ontwikkeling van een instrument voor de monitoring en evaluatie van landschapsvernieuwing. SC-DLO Rapport 606, Onderzoeksreeks Nota Landschap nr. 12.

Dijkstra, H. en J. van Lith-Kranendonk, 2000. Schaalkenmerken van het landschap in Nederland. Monitoring Kwaliteit Groene Ruimte (MKGR). Alterra-rapport 040, ISSN 1566-7197, Wageningen.

Dijkstra, H., J.J. de Jong, C. Schuiling, M.N. van Wijk, 2001. Kosten van Landschapsbeheer. Grondslagen voor verdeling van geld voor landschapsbeheer. Alterra-rapport 204, ISSN 1566-7197, Wageningen.

Dirkx, G.H.P., J.T.R. Kalkhoven, W.C. Knol, A.H.F. Stortelder, 1993. Typologie van lijnvormige beplantingen in Nederland. IBN-DLO en SC-DLO, Rapport 184, Wageningen.

Dirkx, G.H.P., A.A. de Veer, H.A.M. Thunnissen en F.B. van der Laan, 1989. SPOT voor landschap. Methode ontwikkeling voor het gebruik van SPOT-beelden voor de bijstelling van het gegevensbestand 'schaal van het landschap'. Delft, Beleidscommissie Remote Sensing, BCRS rapport 89-18.

DLG, 1999. Objectivering Doelpakketten. Subsidieregelingen Natuurbeheer 2000 en Agrarisch Natuurbeheer. Bijlage bij: Besluit No. trcz1999/13286, Besluit No. trcz19999/13288. Eindrapport Project Objectivering Doelpakketten Programma Beheer, 21 December 1999.

EC-LNV, 2001. Landschappelijke kwaliteit in beeld, Meetnet Landschap. EC-LNV, Wageningen.

ERDAS Inc., 1994. ERDAS Field Guide. Atlanta.

Farjon, J.M.J. (ed.), 1987. The suitability of remote sensing for surveying and monitoring landscape patterns. Volume A: Pilot study-Landsat imagery, Volume B: PEPS project no. 73-SPOT imagery. Wageningen, De Dorschkamp, Report 498/BCRS Report 87-12.

Hermy, M. en G. de Blust, 1997. Punten en lijnen in het landschap. Uitgave van Stichting Leefmilieu, Schuyt & Co en uitgeverij Marc van de Wiele, Brugge. 336 p.

Historische Atlas, 1990. *Grote Historische Atlas van Nederland ca. 1850; Zuid Nederland*. Groningen.

Hoogerwerf, M., Thunnissen, H.A.M. en J. Clement, 2000. Basisregistratie Percelen. Inwinningspilot. Driebergen 20 Juli 2000. 48p.

Knol, W.C., 1994. De flora en vegetatie van lijnvormige beplantingen in Nederland. SC-DLO, Rapport 207, Wageningen. 102 p.

Koomen, A.J.M., 1999. Inventarisatie aardkundige waarden in Nederland. Operatie Landijs. SC-DLO, Rapport 689, Wageningen. 70p.

Koomen, A.J.M. en E.J. van Beusekom, 1999. Aardkundig Informatie Systeem (AKIS). Bevragingssysteem voor aardkundige waarden in het Nederlandse Landschap. SC-DLO rapport 640, Onderzoeksrapport Nota Landschap nr. 14, Wageningen. 66p.

Laan, F.B. van der, J. Stolp, A.A. de Veer en W. Verhoef, 1986. Het gebruik van Landsat-TM opnamen voor detectie van ruimtebegrenzende elementen ten behoeve van de landschapsbeeldkartering. Amsterdam, NLR, Stiboka.

Linden, J.A. van der, 1973. *Topografische en Militaire Kaart van het Koninkrijk der Nederlanden*. Bussum.

Ministerie van LNV, 1992. Nota Landschap. Regeringsbeslissing Visie Landschap. Den Haag.

Ministerie van LNV, 2000. Nota natuur, bos en landschap in de 21^e eeuw 'Natuur voor mensen, mensen voor natuur'. Den Haag.

Rumpff, E., 1991. Vorm, waarneming en beleving van lijnvormige beplantingen. DLO-Staring Centrum, Rapport 114, Wageningen.

Shettigara, V.K., 1992. A generalized component substitution technique for spatial enhancement of multispectral images using a higher resolution data set. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* 58: 561-567.

Schmitz, H., 1993. Houtwallen, heggen en singels. Lijnvormige houtopstanden in Nederland. Stichting Landelijk Overleg Natuur- en Landschapsbeheer, Utrecht.

Thunnissen, H.A.M., R. Olthof, P. Getz en L. Vels, 1992. Grongebruiksdatabase van Nederland vervaardigd met behulp van Landsat Thematic Mapper opnamen. DLO-Staring Centrum, Rapport 168, Wageningen.

Topografische Dienst Nederland, 1998. Productbeschrijving TOP10vector. TDN, Emmen,

Townshend J.R.G. en C. Justice, 1981. Information extraction from remotely sensed data; a user view. *International Journal of Remote Sensing* 2: 313-329.

Thunnissen, H.A.M. en Kramer, H, 1997. Mogelijkheden voor kartering van kleine landschapselementen met behulp van hoge-resolutie-satellietbeelden en het digitale topografische bestand 1:10000. SC-DLO, Rapport 542, Wageningen, 50 p.

Vervloet, J.A.J., (1994) Historical geography and cultural heritage: some problems on valuation of landscape elements in a geographical information system together with archeology and historical architecture. In: J. Bethemont (ed), *L'avenir des paysages ruraux Européens: entre gestion des heritage et dynamiques du changement*. Papers from the 1992 meeting at Lyon France, of the Standing European Conference for the Study of the Rural landscape, p. 35-40. Lyon.

Zeeuw, C.J. de, R.H. Meijners en A.K. Bregt, 1999. Geo-Informatie voor monitoring landgebruik, veranderingen om ons heen of ruis in databestanden?. In *Geodesia*, 1999-3.

Zeeuw, C.J. de en G.W. Hazeu, 2001. Monitoring land use changes using geo-information. Possibilities, methods and applied techniques. Alterra-rapport 214, Wageningen. 84 p.

Bijlage A . Gegevens uit de Top10- vector (versie 1999) voor het studiegebied Eijsden

Symbolen

OMSCHRIJVING	AANTAL	OMSCHRIJVING	AANTAL
Grenspaal/steen	1	Paal	1
Kapel	7	Toren	2
Kerk zonder toren	4	Watermolen	1
KMpl. Contour	9	Wegwijzer	12
Kruis	45	Zendmast	1
Losse Boom	751		

Lijnen

BESCHRIJVING	AANTAL	LENGTE (KM)
Bomenrij dubbel	45	6,7
Bomenrij enkel	84	8,7
Heg	661	66,4
Overige lijnen	1478	129,3
Totaal		211 km

Vlakken

BESCHRIJVING	AANTAL	OPPERVLAKTE (HA.)
4/5 GV3	47	18
ASW	10	8
Begraafplaats	3	1
Boomgaard	180	136
Boomkwekerij	10	3
Bouwland	201	790
Fruitekwekerij	129	170
Gemengd bos	9	54
H4	2	2
H6	6	3
L3	1	1
L4	15	6
Loofbos	318	131
Naaldbos	4	1
Oeverlijn/Landbouw	12	3
Overig bodemgebruik	425	143
Overige weg >2m	45	7
OW3	67	18
Parkeerterrein	5	1
Populierenopstand	9	9
R3	21	4
R4	18	15
R6	2	1
Rijwielpad	16	5
Straat	26	7
Warenhuizen	1	1
Weiland	523	729
Totaal		2266 ha

Bijlage B . Gegevens uit de Top10-vector (versie 1998) voor het studiegebied Gemert

Symbolen

OMSCHRIJVING	AANTAL	OMSCHRIJVING	AANTAL
Gemaal	1	Paal	2
Gemeentehuis	2	Politiebureau	1
Hoogspanningsmast	23	PTT	2
Kapel	6	Toren	5
Kerk zonder toren	8	Wegwijzer	26
KMpl. contour	29	Windmolen	1
Kruis	15	Zendmast	1
Losse Boom	267		

Lijnen

BESCHRIJVING	AANTAL	LENGTE (km)
Bomenrij dubbel	2233	329,2
Bomenrij enkel	1453	220,6
Heg	790	100,0
Overige lijnen	7914	714,4
Totaal		1364,2

Vlakken

OMSCHRIJVING	COUNT	OPPERVLAKTE (ha)
Bebouwd Gebied/Huizenblok	71	31,5
Begraafplaats	10	3,7
Boomgaard	2	1,1
Boomkwekerij	37	46,0
Bouwland	909	3179,6
Fietspad > 2	210	41,2
Fruitekwekerij	18	25,5
Ged. Verh. weg > 2	96	27,5
Gemengd bos	557	763,8
Heide	86	78,2
Hoofdverb. weg > 7	27	26,7
Hoofdverb. weg 4-7	15	6,4
Loofbos	1247	429,6
Naaldbos	794	1209,2
Oeverlijn/Landblauw	256	55,3
Onverh. weg > 2	815	248,1
Overig bodem gebruik	1393	875,6
Overige weg > 2	246	34,0
Parkeerterrein	20	4,1
Populieren opstand	2	1,1
Straat	212	52,1
Verh. Weg > 7	7	5,0
Verh. Weg 4-7	34	32,0
Verh. Weg lok. belang > 7	1	0,5

Verh. Weg lok. belang 2-4	238	113,8
Verh. Weg lok. belang 4-7	77	38,7
Warenhuizen	33	17,6
Weiland	1977	3180,6
Zand	5	1,6
Totale oppervlakte		<hr/> 10530,3 <hr/>

KLEURENPLATEN



Mozaïek van (true color) kleurenluchtfoto's, 1m resolutie, Eurosense, Juni 2000

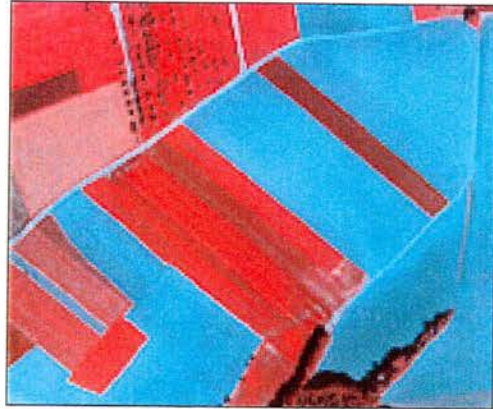


Gecombineerd panchromatisch en multispectraal IKONOS satellietbeeld, 13 Juni 2000.

Figuur 2.1 Vergelijking mozaïek van 4 (true-color) kleurenluchtfoto's en één stukje van een (false-color) IKONOS satellietbeeld voor een gedeelte van het studiegebied Gemert.



IKONOS panchromaat, Mei 2000



IKONOS MS, false color, RGB: 4/3/2



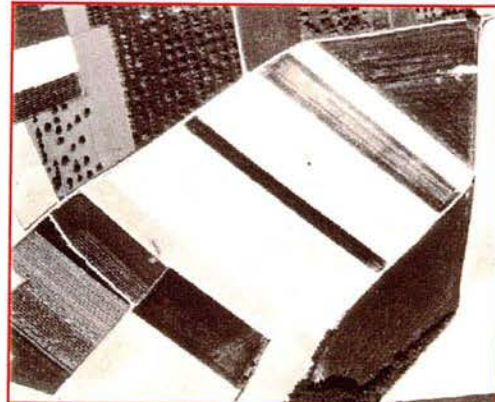
IKONOS MS, True Color, RGB: 1/2/3



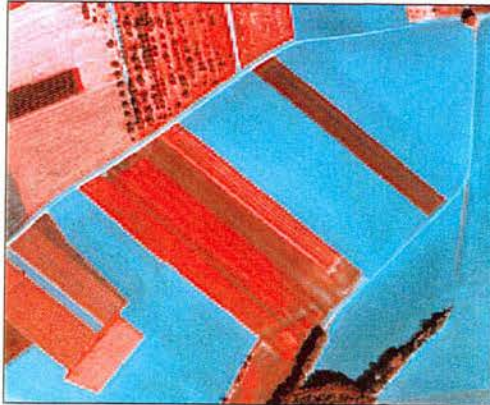
Luchtfoto True Color, Eurosense, Juni 2000



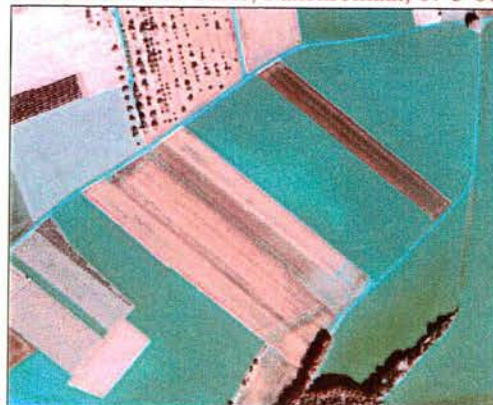
Luchtfoto, True Color, Eurosense, zomer 1996



Luchtfoto Aero Carto, Panchromaat, 17-5-80



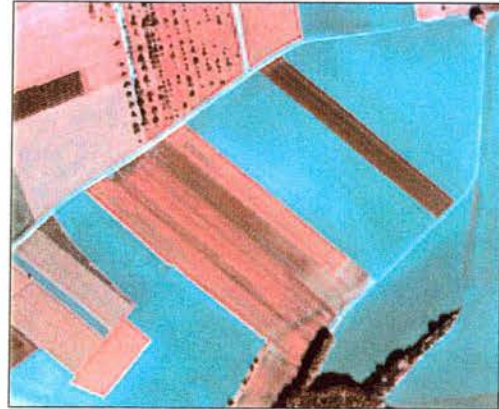
IKONOS resolutie merge, IHS to RGB



IKONOS resolutie merge, Brovey methode



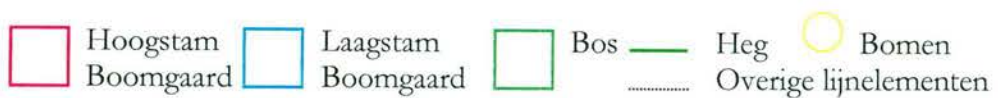
IKONOS resolutie merge,
Principal Component methode



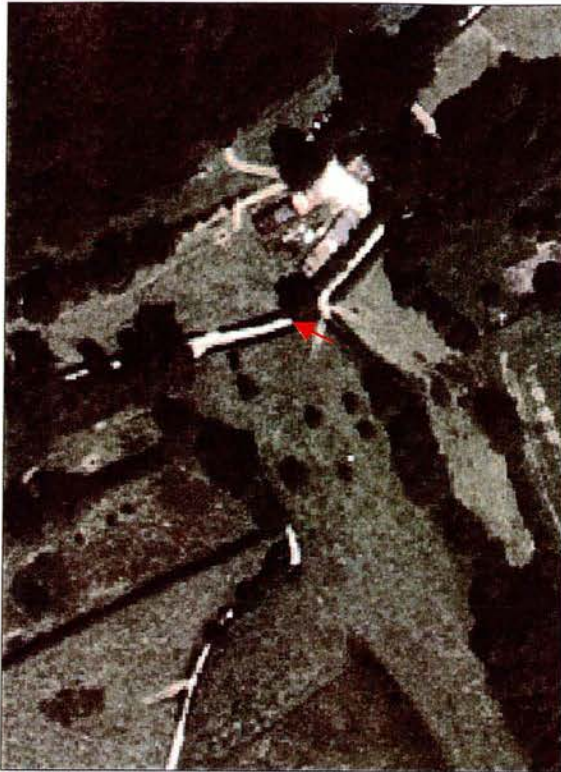
IKONOS resolutie merge,



Uitsnede Top10- vector (1999) voor een gedeelte van het studiegebied Eijsden, Limburg



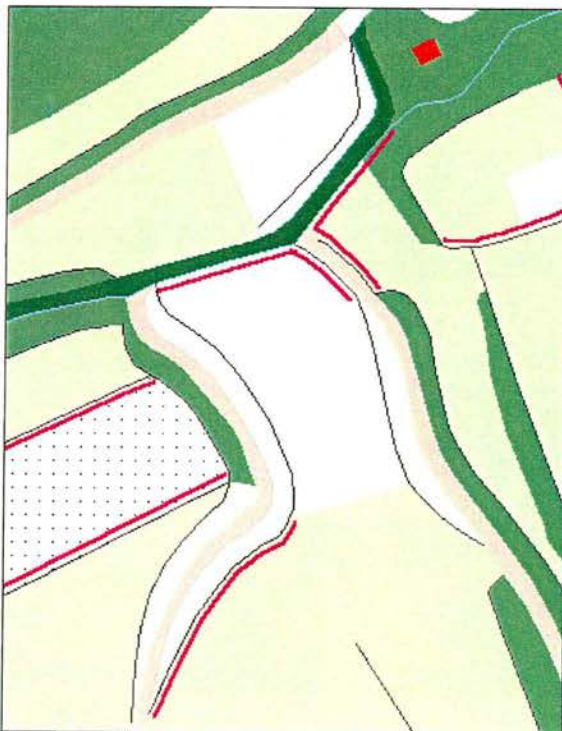
Figuur 2.3 Panchromatische en multispectrale IKONOS satellietbeelden en hun afgeleide (merging) producten in vergelijking met kleurenluchtfoto's van Eurosense voor een detail van het studiegebied Eijsden.



True Color kleurenluchtfoto, Eurosense, Juni 2000



IKONOS panchromatisch beeld, Mei 2000



TOP10-vector (1999)

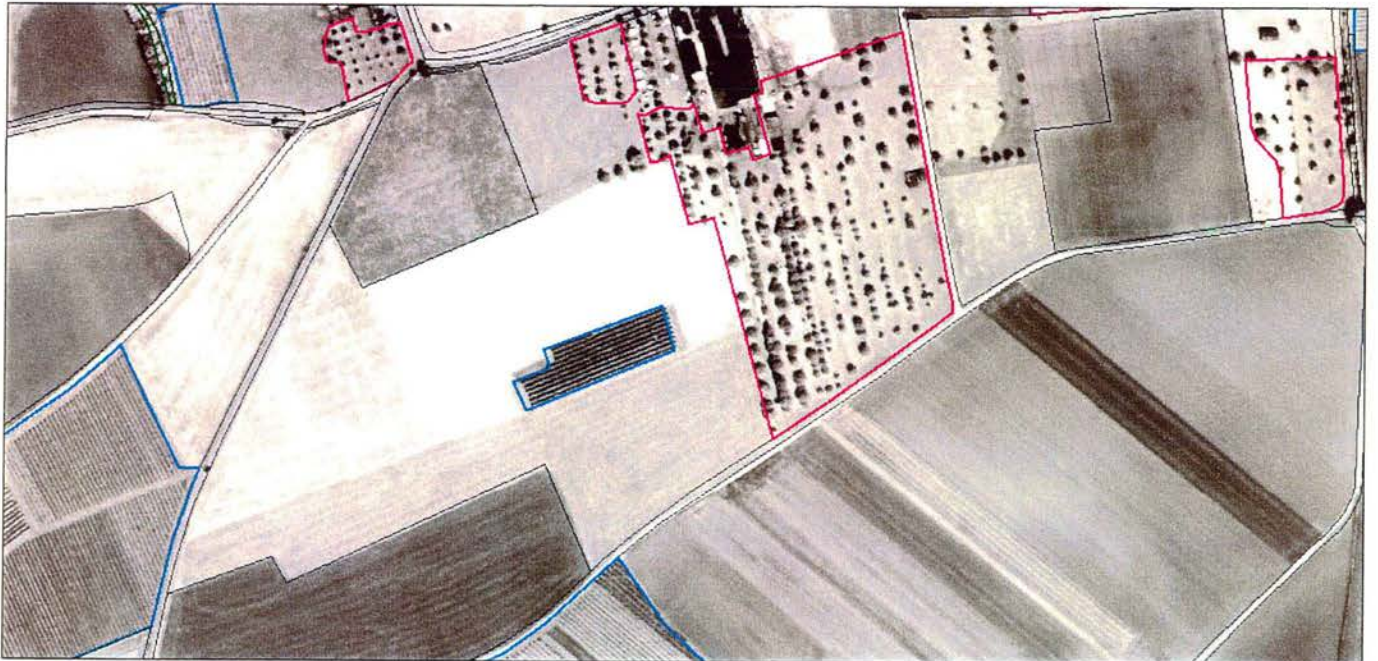


Foto heg (voor locatie zie rode pijl)

Figuur 3.5 Voorbeeld vergelijking heggen (paarse lijn) en boomrijen (groene lijn) op kleurenluchtfoto en panchromatisch IKONOS satellietbeeld voor detail van het studiegebied Eijsden.

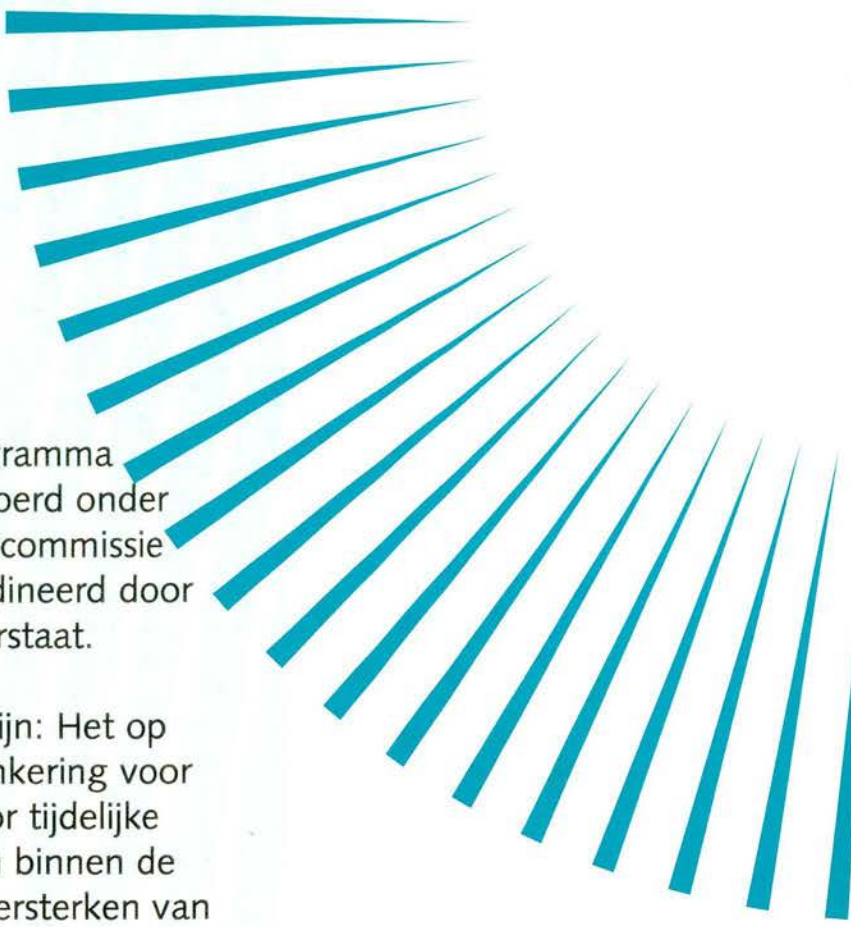


True Color Kleurenluchtfoto, Juni 2000, Eurosense, met overlay Top10 (1999)



IKONOS panchromatisch satellietbeeld, Mei 2000, met overlay Top10 (1999)

Figuur 3.6 Voorbeeld vergelijking boomgaarden op kleurenluchtfoto (Juni 2000) en IKONOS panchromatisch satellietbeeld (Mei 2000). Lichtblauw zijn de fruitwekerijen (laagstamboomgaarden) en paars zijn de hoogstamboomgaarden uit de top10-vector (1999)



Het Nationaal Remote Sensing Programma 1990-2000, (NRSP-2) wordt uitgevoerd onder verantwoordelijkheid van de Beleidscommissie Remote Sensing (BCRS), en gecoördineerd door het Ministerie van Verkeer en Waterstaat.

De doelstellingen van het NRSP-2 zijn: Het op termijn bereiken van blijvende verankering voor het gebruik van remote sensing door tijdelijke stimulering in de gebruikerssectoren binnen de overheid en het bedrijfsleven, het versterken van remote sensing toepassingen en de uitbreiding van de nationale infrastructuur.

Publikatie van:

Beleidscommissie Remote Sensing (BCRS)
Programmabureau
Rijkswaterstaat Meetkundige Dienst

Postbus 5023
2600 GA Delft
Tel.: +31 (15) 269 11 11
Fax: +31 (15) 261 89 62
E-mail: p.b.bcrs@mdi.rws.minvenw.nl
BCRS homepage: <http://www.minvenw.nl/rws/mdi/bcrs>