

De ecologie van het stedelijk landschap in kaart gebracht

De ecologie van het stedelijk landschap in kaart gebracht

Een verkennende studie naar het gebruik van hoge resolutie-satellietbeelden voor het beschrijven van stadsnatuur en stedelijk groen

**Robbert Snep
Robert Kwak
Henk Kramer**

Alterra-rapport 1108

Alterra, Wageningen, 2005

REFERAAT

Snep, R.P.H., R.G.M. Kwak & H. Kramer, 2005. *De ecologie van het stedelijk landschap in kaart gebracht; Een verkennende studie naar het gebruik van hoge resolutie-satellietbeelden voor het beschrijven van stadsnatuur en stedelijk groen*. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 1108. 58 blz.; 12 fig.; 3 tab.; 28 ref.

Bij het ontwikkelen van kennis over stadsnatuur en stadsgroen is men gebaat bij een eenvormige typologie van stedelijke biotopen en bij een gestandaardiseerde methode om die biotopen voor de diverse steden in kaart te brengen. Dit rapport beschrijft met welke aspecten rekening gehouden dient te worden bij het typeren van stadse biotopen. Daarnaast is beschreven, aan de hand van een case-studie in Eindhoven, hoe uit satellietbeelden informatie over het voorkomen van stedelijke biotopen kan worden afgeleid. De resultaten van de remote sensing-analyse laten zien hoe op vierkante meter niveau een onderscheid te maken is tussen verhard oppervlak, onbegroeid maar ook onverhard oppervlak, lage en hoge begroeiing. Omdat deze gegevens van een heel gebied, dus ook van particulier groen, bedrijventerreinen etc. verzameld worden, is het gemakkelijk bepaalde buurten en stadswijken te vergelijken op basis van de hoeveelheid en de kwaliteit groen. Daarnaast kunnen deze gegevens stadsecologen helpen om kansen en knelpunten voor de stedelijke natuur sneller en beter te signaleren.

Trefwoorden: Stedelijke ecologie, remote sensing, begroeiingstypen, stedelijk groen, stadsnatuur, Eindhoven

ISSN 1566-7197

Dit rapport kunt u bestellen door € 30,- over te maken op banknummer 36 70 54 612 ten name van Alterra, Wageningen, onder vermelding van Alterra-rapport 1108. Dit bedrag is inclusief BTW en verzendkosten.

© 2005 Alterra
Postbus 47; 6700 AA Wageningen; Nederland
Tel.: (0317) 474700; fax: (0317) 419000; e-mail: info.alterra@wur.nl

Niets uit deze uitgave mag worden veelevoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Alterra.

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

Inhoud

Woord vooraf	7
Samenvatting	9
1 Inleiding	11
1.1 Aanleiding	11
1.2 Probleemstelling	11
1.3 Vraagstelling	12
1.4 Leeswijzer	12
2 De stad als landschap voor plant en dier	13
2.1 De stad bekeken als landschap voor plant en dier	13
2.2 Het gebruik van ruimtelijke modellen om de stadsecologie beter te begrijpen	15
3 Het typeren van stadse milieus: op weg naar een stedelijke begroeiings-typologie	17
3.1 Het waarom van een geformaliseerde indeling van de stad in begroeiingstypen	17
3.2 Basisfactoren bij een begroeiingstypologie in de stad	19
3.3 Voorstellen voor een nadere uitwerking van de afzonderlijke basisfactoren	21
3.3.1 Abiotiek	21
3.3.2 Biotiek	23
3.3.3 Menselijk handelen	23
3.4 Algemene overwegingen bij een indeling van begroeiingstypen	25
3.4.1 Habitat of habitatcomplex	25
3.4.2 Begroeiingstypen en ecologische infrastructuur	26
3.4.3 De ecologische implicatie van het begroeiingstype	26
3.4.4 Complexiteit van begroeiingstypen in de stad	27
3.4.5 Stadse soorten en stadse habitatfactoren – een eerste confrontatie op basis van de voorgestelde systematiek	28
3.5 Uitgangspunten voor de typologie van begroeiingstypen	34
3.5.1 Hoofdindeling begroeiingstypen	35
3.5.2 Benoeming van enkelvoudige begroeiingstypen	36
3.5.3 Definiëring van complexe begroeiingstypen	38
4 Remote sensing als instrument voor het onderscheiden van stedelijke begroeiingstypen	41
4.1 Remote sensing als tool voor het bepalen van begroeiingstypen	41
4.1.1 Outline	41
4.1.2 Aanpak	41

4.1.2.1	Bronmateriaal	41
4.1.2.2	Van satellietbeeld naar informatie.	48
4.1.2.3	Resultaat, validatie en betrouwbaarheid beeld.	51
5	Toepassingen van modellen, een stedelijke begroeiings-typologie en het gebruik van satellietbeelden voor het beschrijven van stadsecologische processen	53
5.1	Gebruik van ruimtelijk model LARCH	53
5.2	Gebruik van stedelijke begroeiingstypologie	54
5.3	Voordelen van het gebruik van satellietbeelden in het stedelijk gebied	54
	Literatuur	57

Woord vooraf

‘Natuur in en om de stad’ is een thematiek die in toenemende mate onder de aandacht komt van overheden, burgers en media. Niet in de laatste plaats door de steeds verder toenemende urbanisatie. De ecologische onderbouwing van natuurwaarden in de stad, en met name de populatiedynamische aspecten van plant en dier, hebben tot op heden weinig aandacht gekregen bij het realiseren van ‘natuur in en om de stad’. Toch worden termen als ‘duurzaamheid van populaties’ en ‘ecologische verbindingzones’ óók in de stedelijke context gebruikt als het gaat om het ontwikkelen, inrichten en beheren van (stads)natuur. Middels deze en andere Alterra-studies wordt getracht het gat dat in de dagelijkse praktijk van de stadsnatuur bestaat tussen het formuleren van beleidsdoelen en het hebben van feitelijke kennis en inzichten over de (populatie)dynamiek van stedelijke plant- en diersoorten te verkleinen.

Eén van de mogelijkheden die Alterra daarbij ten dienste staan is het gebruik van bestaande ruimtelijke modellen (bijv. LARCH) waarin de samenhang van biotopen in allerlei landschapstypen kan worden ingeschat. Deze modellen kunnen, indien het habitat van bijvoorbeeld een stadse plant- of diersoort bekend is, op populatieniveau uitrekenen hoe de verschillende habitatplekken met elkaar verbonden zijn en welke rol ze in een groter netwerk spelen. Voordeel van deze ruimtelijke modellen is ook dat de kwaliteit van ‘natuur in de stad’ op populatieniveau kan worden geëvalueerd met meeweging van de kwaliteit van habitats in de omgeving van de stad. Steden vormen immers ‘versteende’ eilanden in het landelijk gebied en de kwaliteit van natuur in de stad wordt mede bepaald door de mogelijkheden van planten en dieren om de stad ook daadwerkelijk te kunnen koloniseren. Het ruimtelijk model LARCH evalueert juist deze ruimtelijke samenhang. Door het model te voeden met accurate basisinformatie, zowel inhoudelijk accuraat als actueel middels ‘*remote sensing*’ moet een tool ontwikkeld kunnen worden die planners en beheerders in staat stelt “het onderste uit de kan te halen” bij het realiseren van natuur in de stad.

In deze studie wordt de huidige stand van zaken met betrekking tot het indelen van stedelijke biotopen en het verzamelen ervan middels *remote sensing*-technieken toegelicht. Getracht is om tot een goed onderbouwd voorstel te komen waarop op uniforme wijze de stedelijke natuur nader ingedeeld kan worden en waarbij de ligging, omvang en type van stedelijke natuur actueel kan worden verzameld.

Samenvatting

De recente aandacht voor stadsgroen en stadsnatuur vanuit het (gemeentelijk) beleid en de praktijk heeft naast nieuwe inzichten ook veel nieuwe vragen opgeroepen. Hoe zit het nu precies met het voorkomen van flora en fauna in steden, waar kunnen (beschermde) soorten mogelijk ‘opeens’ opduiken en waar biedt de stedelijke groenstructuur kansen voor plant en dier. Om dergelijke vragen goed te beantwoorden is kennis over het stedelijk ecosysteem van belang en aan die kennis ontbreekt het vaak nog.

Dit rapport is een eerste stap in de richting om op een gestructureerde wijze, namelijk middels een standaard biotoopindeling en een geautomatiseerde wijze van het verzamelen van biotoop-informatie (via remote sensing), het stedelijk ecosysteem te doorgronden. Onderzocht is welke informatie over stadsbiotopen nodig is om het stedelijk ecosysteem goed te begrijpen en hoe deze informatie af te leiden is uit gedetailleerde satellietbeelden. Bij het eerste, namelijk het beschrijven van een stedelijke begroeiingstypologie, spelen zowel abiotische als biotische factoren een rol en is de invloed van het menselijk handelen ook van groot belang. Er wordt bij het opstellen van de typologie ingegaan op de complexiteit van begroeiingstypen, het voorkomen van zowel monotome habitats alsmede habitatcomplexen en de ecologische implicatie van begroeiingstypen. Het tweede, de beschrijving van de remote sensing-techniek om stadsbiotopen in kaart te brengen, is gebaseerd op een pilotstudie uitgevoerd in Eindhoven. Op basis van een satellietbeeld met een resolutie van 1 meter en een omvang van 10 x 10 kilometer is getracht te bepalen welke habitatfactoren wel en niet uit satellietbeelden te verkrijgen zijn, en welke technieken nodig zijn om informatie zichtbaar en meetbaar te maken.

Uit dit onderzoek blijkt dat het definiëren van een stedelijke biotoopindeling, gebaseerd op ecologisch functioneren, mogelijk is doch complex en erg uitgebreid. Het blijkt wél te doen om de meest relevante aspecten die aan een dergelijke indeling ten grondslag zouden moeten liggen, te benoemen, maar het komen tot een definitieve lijst van stedelijke begroeiingstypen is een proces dat ook vanuit de praktijk input nodig heeft.

Uit de analyse komt naar voren dat de informatie over stadsgroen die uit satellietbeelden te verkrijgen is, nuttig kan zijn om als bron van gegevens voor een stedelijke begroeiingstypenkaart te fungeren. Na bewerking van de ruwe satellietbeelden kan een onderscheid gemaakt worden tussen verhard en onverhard oppervlak, kan het onverhard oppervlak verder worden opgedeeld in begroeid en onbegroeid en kan tenslotte binnen het begroeid oppervlak lage en hoge begroeiing onderscheiden worden. Juist omdat deze informatie in principe per vierkante meter verzameld wordt, zijn niet alleen over openbare parken en plantsoenen, maar zeker ook over stadsbuurten en –wijken, industrieterreinen e.d. uitspraken te doen over de hoeveelheid groen per oppervlakte eenheid en over het type groen dat aanwezig is.

Op basis van de onderzoeksresultaten zullen gemeenten in de toekomst in staat zijn om de verschillende wijken en buurten binnen hun gemeente te vergelijken op hoeveelheid en kwaliteit van het groen. Daarnaast kunnen stedelijke ecologen de verkregen informatie gebruiken om beter in te schatten op welke plaatsen plant en dier kansen of knelpunten ervaren in de wijze waarop zij in de stad voorkomen. Het gebruik van tuinen, begraafplaatsen, bedrijventerreinen e.d. door flora en fauna kan hiermee, in tegenstelling tot de oude methodieken, gewoon meegenomen worden, wat een veel vollediger beeld geeft van het functioneren van het stedelijk ecosysteem.

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

Nederland is als één van de weinige landen ter wereld tot op iedere hectare en vaak zelfs tot op de vierkante meter nauwkeurig in kaart gebracht. Er zijn tal van landelijke landgebruik-databestanden, zoals de topografische Top10 vector-kaarten, die een hoge mate van detail kennen en die regelmatig ge-update worden. Planologen, projectontwikkelaars, landschapsecologen en –architecten maken gretig gebruik van deze informatie om hun onderzoek, advies en plannen goed af te stemmen op de werkelijke situatie. Voor ecologen geldt dat de topografische informatie vaak een noodzakelijke input vormt voor (ruimtelijke) analyses, die hen in staat stellen het functioneren van de natuur beter te begrijpen. Zo is de ligging van de nationale Ecologische Hoofdstructuur (EHS) bepaald op basis van topografische informatie over bossen, heide, rivieren, moerassen etc. De schaal en classificering van de beschikbare data was daarbij voldoende om tot een goede kaart te komen. Voor ecologen die in het stedelijk gebied onderzoek verrichten geldt niet dat de beschikbare data voldoende is. Weliswaar is de beschikbare topografische informatie in veel gevallen behoorlijk gedetailleerd, de classificatie is echter onvoldoende om het stedelijke ecosysteem inzichtelijk te maken. Dit komt omdat de stedelijk schaal kleiner is en de variatie in biotopen binnen het stedelijk gebied veelal hoger is dan in rurale of natuurgebieden. Daarnaast is de beschikbare topografische informatie geheel is afgestemd om het menselijk gebruik (woning, straat, bedrijventerrein, ‘openbaar groen’) en niet op de manier waarop plant en dier van hun stedelijke omgeving gebruik maken.

1.2 Probleemstelling

Hoe steden nu precies ecologisch functioneren is grotendeels nog niet onderzocht (Miller & Hobbs 2002). Vandaar dat ‘de stad als ecosysteem’ dus eigenlijk het beste kan worden benaderd als een blackbox: hoe plant en dier overleven te midden van de stedelijke dynamiek is veelal onbekend, waar het voorkomen van een soort op een zekere plek in de stad van afhangt eveneens en hoe de inrichting, het ontwerp en beheer van (openbaar) groen en de overige (bebouwde) ruimte hierin kunnen sturen is in de alledaagse praktijk nog vooral een kwestie van *trial-and-error*. Vooral dit laatste wordt door velen als een probleem ervaren: het liefst zouden we, als ontwerper, bouwer, beheerder maar vooral ook als gebruiker (bewoner en bezoeker) van de stad, willen sturen op de aanwezigheid van flora en fauna in onze directe leefomgeving. Bijvoorbeeld door het stimuleren van ‘vriendelijke natuur’ met aabare en herkenbare soorten dichtbij huis, het voorkomen dat hinderlijke soorten zich in dezelfde omgeving vestigen en het behouden van zeldzame en typische (stads)soorten. Daarnaast willen we er voor zorgen dat in grotere parken of in de stadsrand wilde natuur kan ontstaan, waarover we ons tijdens een wandeling of fietstocht kunnen verbazen. Het probleem is dat de benodigde kennis en inzicht voor een belangrijk

deel ontbreken om deze wensen vorm te geven. Dit wordt deels veroorzaakt doordat we de stedelijke natuur onvoldoende in kaart kunnen brengen, omdat een goed geografisch kader ontbreekt.

1.3 Vraagstelling

Deze verkennende studie heeft als algemene vraagstelling *‘op welke uniforme wijze kan het stedelijk gebied zodanig in kaart worden gebracht dat een goed en up-to-date inzicht wordt verkregen in ligging, typen en kwaliteit van stadsnatuur en stedelijk groen?’*. Aangezien de stad, en dan met name de stadsrand, voortdurend aan sterke verandering onderhevig is, is het nodig bij het ontwikkelen van een methodiek daarop in te spelen. Binnen deze studie is er dan ook voor gekozen de mogelijkheden van het gebruik van hoge resolutie-satellietbeelden (remote sensing) nader te verkennen. Deze kunnen immers snel vernieuwd worden.

De algemene vraagstelling is verder opgedeeld in de volgende concrete deelvragen:

1. Welke (topografische) informatie ten aanzien van stadsnatuur en stedelijk groen is noodzakelijk om een beter inzicht te verwerven in het functioneren van het stedelijk ecosysteem?
2. Kan met behulp van remote sensing de gevraagde (topografische) informatie op uniforme, gestandaardiseerde, wijze verzameld worden, zodanig dat alle benodigde (detail)informatie in de verkregen databestanden verwerkt zit?
3. Wat zijn de directe en lange-termijn toepassingen van deze wijze van informatieverzameling ten aanzien van planning, inrichting en beheer van stadsnatuur en stedelijk groen?

1.4 Leeswijzer

Dit rapport bestaat, naast dit inleidende hoofdstuk, uit een viertal inhoudelijke hoofdstukken. Hoofdstuk 2 behandelt de context waarbinnen dit onderzoek geplaatst dient te worden: hoe functioneert de stad als leefomgeving voor plant en dier. Hoofdstuk 3 gaat vervolgens in op de eerste concrete deelvraag, namelijk welke informatie is nodig om het stedelijke ecosysteem beter te begrijpen. Daarbij komen zaken aan bod als de nut en noodzaak van een stedelijke begroeiingstypologie, een beschrijving en nadere uitwerking van de basisfactoren voor een stedelijke biotoopkartering en het voorkomen en in kaart brengen van stedelijke habitats en habitatcomplexen. In hoofdstuk 4 wordt een case-studie beschreven, waarbij de mogelijkheden verkend zijn om middels satellietbeelden (IKONOS) de stadsnatuur en het stedelijk groen van Eindhoven te analyseren. Hiermee is getracht de tweede concrete deelvraag te beantwoorden. In het laatste hoofdstuk (5) zijn als antwoord op de derde deelvraag alle korte- en lange-termijn toepassingen van het gebruik van satellietbeelden voor het in kaart brengen van stadsnatuur en stedelijk groen samenvattend beschreven, inclusief inschattingen van kosten, foutenmarges, etc .

2 De stad als landschap voor plant en dier

2.1 De stad bekeken als landschap voor plant en dier

De natuur in steden en dorpen draagt in belangrijke mate bij aan de kwaliteit van de directe leefomgeving, zoals die door burgers beleefd wordt. Dit is een eerste reden waarom die stedelijke natuur aandacht verdient. Een andere, evenzo belangrijke reden, is dat steeds meer plant- en diersoorten in de afgelopen decennia de stad als habitat hebben ontdekt als plaats waar voedsel, beschutting en/of nestgelegenheid te vinden is. Het gaat inmiddels om vele tientallen soorten, waaronder een aantal soorten die nationale of internationale bescherming genieten.

Het stedelijke landschap is in weinig opzichten te vergelijken met andere landschappen, nergens komt de menselijke invloed op diens omgeving zo sterk tot uitdrukking als in een stad. Niet alleen wordt het landschap fysiek grotendeels door de mens ontwikkeld, ook zijn continue aanwezigheid zorgt ervoor dat ecologische begrippen als verstoring (e.g. recreatie), sterfte (verkeer) en habitatkwaliteit (o.i.v. groenbeheer maar ook vervuiling) in de stad een totaal andere dimensie krijgen. Willen planten en dieren in die wereld overleven, dan is aanpassing aan de menselijke invloed een *must*. Nu is aanpassingsvermogen een kenmerkend aspect van natuur. Planten en dieren komen vrijwel overal voor en passen zich aan de meest extreme omstandigheden aan. Ook steden zijn vanaf het begin gekoloniseerd door allerlei soorten. Deze zogeheten stadsoorten bevolken al eeuwenlang het stedelijk landschap. Bekende voorbeelden zijn huismussen, gierzwaluwen en ratten. Nieuw is echter dat het aantal soorten dat de stad als (hoofd)biotoop beschouwd de laatste jaren merkbaar is gestegen. In een sterk verstedelijk land als Nederland is dat een uitstekende strategie om op lange termijn te overleven.

Het 'zich aanpassen aan de stad' is een proces dat aan alle kanten op de ecologie van soorten ingrijpt. Op het niveau van het individu gaat het daarbij om veranderingen aangaande de kans op geboorte, sterfte, groei en ontwikkeling en succesvolle dispersie & kolonisatie van nieuwe habitats. De factoren die hierop van invloed zijn hebben in de stad namelijk een eigen dynamiek en omvang. Zo wordt de kans op voortplanting in het algemeen grotendeels bepaald door de hoeveelheid geslachtsrijpe individuen van beide sexen, de aanwezigheid van geschikt voortplantingshabitat en voldoende rust tijdens de voortplantingstijd. Als nu wordt gekeken welke factoren hier van invloed op zijn, valt onmiddellijk op hoezeer de omvang en dynamiek van de factoren door de stad wordt beïnvloed. Voor de soortgroep vogels kunnen de beslissende factoren als volgt worden benoemd: predatie, voedselbeschikbaarheid, structuur van het landschap en diens vegetatie en als laatste verstoring. De factor 'predatie' grijpt rechtstreeks aan op de hoeveelheid geslachtsrijpe individuen, dit geldt ook voor de factor 'voedselbeschikbaarheid'. Beide factoren hebben ook hun invloed op de geschiktheid van mogelijk voortplantingshabitat. Bekend is dat predatie van broedvogels in de stad van een andere orde is dan in het landelijk gebied. Huiskatten vormen bijvoorbeeld een relatief veel groter probleem, terwijl andere predatoren als

marterachtigen en roofvogels juist veel meer afwezig zijn. Ook de voedselbeschikbaarheid is in de stad anders dan daarbuiten. Parken en plantsoenen zijn over het algemeen minder divers en soortenarmer dan bossen en ruigten in het landelijk gebied. Dit heeft gevolgen op de beschikbaarheid van zaden en ongewervelden. Daar tegenover staat dat de mens bewust (wintervoeding) of onbewust (afval) voor alternatieve voedselbronnen zorgt.

De structuur van het stadslandschap grijpt op diverse schaalniveau's in op de overlevings- en voortplantingskansen van flora en fauna. De stad als geheel is door haar opbouw (veel verticale elementen) en inhoud (huizen en wegen) in de winter te beschouwen als een warmte-eiland in een koudere omgeving. Door de configuratie van de gebouwen is de stad relatief windarm en door de uitlaatgassen en verwarmde huizen wordt de temperatuur nog eens extra verhoogd. In het geval van de broedvogels, maar dit geldt ook voor veel andere soortgroepen, leidt dit tot verhoogde overlevingskansen in de winter. Een aantal vogelsoorten van het landelijk gebied komt in die periode dan ook speciaal naar de stad vanwege de warmte die o.a. zorgt voor de aanwezigheid van open water (e.g. Ijsvogel, Blauwe reiger). Niet alleen op het niveau van de stad als geheel, maar ook op dat van een huizenblok of perceel is de structuur van de stad bepalend voor het voortplantingssucces van broedvogels. Zo zorgen oudere gebouwen in de stad juist voor geschikte nestgelegenheid voor rotsbroeders (Zwarte roodstaart), maar ontbreken de juiste voorwaarden voor grondbroeders (e.g. weidevogels). De samenstelling van de vogelgemeenschap in de stad verschilt dan ook van die van het landelijk gebied. Dit komt niet alleen door het ontbreken van de juiste habitats, maar ook door het intensieve gebruik van de ruimte door de mens. Uit onderzoek in parken in Madrid blijkt dat recreatie een significant effect heeft op het gedrag van merels (*Turdus merula*) (Fernandez-Juricic, 2000). De verstoring door wandelaars, fietsers en het nabij autoverkeer leidde in een drukbezocht park tot aanwijsbaar ander gedrag van de vogels dan in een soortgelijk rustige park. De individuen in dat laatste park konden veel meer tijd aan het fourageren besteden dan hun soortgenoten die te midden van alle drukte continue alert dienden te blijven. Ongetwijfeld hebben de individuen uit het rustige park meer mogelijkheden om hun voedsel te vergaren en daardoor hebben ze ook een betere overlevingskans. Hoewel de (vegetatie)structuur van beide type parken vergelijkbaar was, zorgde het verschillend recreatief gebruik voor grote verschillen in de kwaliteit als fourageer- en broedhabitat.

De verstoring door de mens gebeurt niet alleen tijdens het fourageren. Reijnen et al. (1997) onderzocht al eerder het verstoring effect van verkeerslawaaï op het broedsucces van vogels. Hieruit bleek dat veel zangvogels in de buurt van snelwegen door al het verkeerslawaaï slechter in staat waren om hun territorium te verdedigen dan zangvogels die niet in de buurt van wegen broedden. Ook kunstmatig licht blijkt een negatief effect te hebben op de aanwezigheid van broedvogels. De stad met al haar gebouwen en menselijke activiteiten kan in dit kader als het summum van verstoring worden gezien. De verstoring door recreatie, geluid, licht maar ook bijvoorbeeld luchtverontreiniging is hier verreweg het meest extreem. Het moge dan ook duidelijk zijn dat soorten die van oorsprong in het landelijk gebied wonen en uiteindelijk ook de stad koloniseren, zich op tal van punten dienen aan te passen.

2.2 Het gebruik van ruimtelijke modellen om de stadsecologie beter te begrijpen

Om de ecologie van de stad te doorgronden is het noodzakelijk dat men zich niet alleen bewust is van alle processen en mechanismen die in de stadsnatuur een rol spelen, maar ook van de mate waarin deze verschillen met de wijze waarop ze buiten de stad functioneren. Juist door de verschillen in beeld te brengen krijgt men meer inzicht in het fenomeen 'stedelijke ecologie'. Hierdoor zal het ook gemakkelijker zijn om in te schatten hoe de stadsnatuur in een specifieke case zich zal laten sturen, bij welke inrichtings- en beheermaatregelen bepaalde doelsoorten zullen floreren en hoe de door de burger gewenste vormen van natuurbeleving nagestreefd kunnen worden.

De ecologie van soorten en diens habitat zit over het algemeen complex in elkaar. Expert systems en modellen zijn dan ook een prima hulpmiddel om deze complexe materie te begrijpen. Alterra gaat daarbij uit van een ruimtelijke benadering en maakt daarbij gebruik van de expert systems LARCH en SmallSteps. Beide modellen zijn ontwikkeld door het centrum Landschap en in de afgelopen jaren aangepast aan toepassing in het stedelijk gebied.

LARCH is een ruimtelijk expert system dat op basis van habitatkaarten en populatiedynamische normen voor uiteenlopende soorten de configuratie en omvang van populatienetwerken berekend (Pouwels, 2000). Op basis hiervan wordt uiteindelijk een uitspraak over de duurzaamheid van de netwerken gedaan. Het expert system gaat daarbij uit van de draagkracht van en de onderlinge afstanden tussen alle habitat patches en de versterkende aanwezigheid van mogelijk key patches. Het model leent zich vooral voor het vergelijken van de ecologische potentie van allerlei planvarianten, die middels scenariokaarten aan het model worden aangeboden. LARCH functioneert in een GIS-omgeving, waarbij normen en richtlijnen middels een database aan het kaartmateriaal gekoppeld worden. De afgelopen jaren is LARCH in meerdere stedelijk ecologische onderzoeksprojecten gebruikt (Timmermans & Snep, 2000; Snep et al.2001).

SmallSteps functioneert niet zoals LARCH op populatieniveau maar is juist gericht op de individuen van een soort. Baveco (<http://purl.oclc.org/NET/alterra/movement>) beschrijft Smallsteps als een simulatiemodel, waarin bewegingen worden gesimuleerd middels het principe van de *correlated random walk*. Zo'n simulatie speelt zich af in een heterogeen landschap dat is opgebouwd uit vlak- en lijnvormige landschapselementen. Deze elementen worden voorgesteld door data in een vector-formaat (GIS). Doel van dit model is om na te gaan of en hoe individuen van bijvoorbeeld dagvlinders of kleine zoogdieren zich door de stad bewegen. Dit geeft vervolgens inzicht in de vraag of habitats geïsoleerd dan wel verbonden zijn, welke elementen in de stad een bijdrage leveren aan de ecologische structuur en waar belangrijke kansen en knelpunten liggen. SmallSteps is binnen de stedelijke context tot dusver succesvol in de Rotterdamse deelgemeente Hoogvliet toegepast (zie Snep et al, in press).

Beide expertsystems worden in een GIS-omgeving gebruikt en zijn dus grotendeels afhankelijk van digitale informatie over de ligging van habitats, huizen, wegen e.d. De vlakdekkendheid en mate van detail van kaartmateriaal van gemeenten is over het algemeen ontoereikend voor deze toepassing. Om toch over het juiste kaartmateriaal te beschikken is in deze studie de mogelijkheid onderzocht om via Remote Sensing-technieken betrouwbare habitatkaarten te ontwikkelen. Daartoe worden eerst zogeheten begroeiingstypen benoemd (hoofdstuk 3). Begroeiingstypen beschrijven de ecologische karakteristiek van een onderdeel van de stad. Een begroeiingstype kan bestaan uit homogene vegetatie (e.g. gazonberm) maar ook uit een logisch complex van elementen, bijvoorbeeld een huizenblok met aanliggende tuinen. Door deze uitgebreide typologie kan de gehele stad vlakdekkend worden beschreven, waarbij tal van aspecten als groenbeheer worden meegenomen.

3 Het typeren van stadse milieus: op weg naar een stedelijke begroeiingstypologie

3.1 Het waarom van een geformaliseerde indeling van de stad in begroeiingstypen

Onder een “begroeiingstype” wordt verstaan een landschapsecologische eenheid met een homogeen vegetatiedek qua samenstelling en structuur of een logisch complex van kleinschalige eenheden. De eenheid laat zich beschrijven in:

- vegetatiekundige opbouw op basis van plantensociologische inzichten en/of kenmerken van het plantsoen
- structuurkenmerken, zowel van het vegetatiedek als van urbane kenmerken als bebouwing en bestrating
- abiotische aspecten; het gaat daarbij om de abiotische aspecten die de vegetatiekundige aspecten en/of de structuurkenmerken bepalen
- milieu-technische aspecten; hierbij gaat de voorkeur uit naar aspecten die als afzonderlijke “layer” worden geïnventariseerd (bv. verstoring, geluidsbelasting, vervuiling ed).

Een geformaliseerde begroeiingstypologie is zivol voor een groot aantal toepassingen. Daarbij valt te denken aan aspecten als:

1. de dialoog met de gebruiker: verwachte/gewenste veranderingen in “begroeiing”, doelsoorten
2. kapstok voor ecologische processen: versnippering, vegetatiesuccessie
3. kapstok voor soortparameters: sterfte, geboorte, minimumareaal per reproductieve eenheid en areaal voor een duurzame populatie
4. kapstok voor kosten/baten analyse
5. kapstok voor andere thema’s die door de gebruiker als belangrijk worden ervaren zoals beleving, veiligheid en gezondheid

Bij de definiëring is het van gewenst aansluiting te zoeken bij bestaande kennissystemen. Daarbij wordt in eerste instantie gedacht aan:

- begroeiingstypologie in het stedelijk gebied van Alterra (Timmermans, Snep & Dirkse 2000)
- begroeiingstypenkaart van Nederland (Pouwels 2000, Reijnen et al 2001)
- plantengemeenschappen van Nederland (Schaminée, J.H.J., A.H.F. Stortelder & E.J. Weeda. 1996, Schaminée, J.H.J., E.J. Weeda & V. Westhoff. 1998.) geoperationaliseerd in het expertsysteem Synbiosis
- databank voor stedelijk groen (Alterra/LEI – Wageningen UR)

Eenzijds kunnen benaderingen en indelingen van bestaande kennissystemen worden benut, anderzijds kunnen zij behulpzaam zijn bij de identificatie van begroeiingstypen.

Belangrijk uitgangspunt bij de definiëring van een begroeiingstype is dat het type zodanig gedefinieerd en begrensd dient te zijn dat het een goede voorspeller is voor het voorkomen van planten en dieren. Uiteindelijk is het is nodig te weten in welke mate het voorkomen van planten en dieren wordt verklaard vanuit het beschreven factorencomplex dat ten grondslag ligt aan de bepaling van het begroeiingstype.

Een begroeiingstype staat in relatie tot vegetatiekundige aspecten:

- relatie begroeiingstypen en vegetatietypen
- relatie structuurkenmerken en vegetatietypen
- ontwikkeling structuurkenmerken en successie
- relatie vegetatietypen en plantsoen
- relatie vegetatietypen en beheer incl. beheerskosten
- relatie vegetatietypen en beleving

Tevens houdt een begroeiingstype verband met plantsoen aspecten

- relatie begroeiingstypen en plantsoen
- relatie structuurkenmerken en plantsoen
- ontwikkeling structuurkenmerken en ontwikkeling van het plantsoen (“successie”)
- relatie vegetatietypen en plantsoen
- relatie plantsoen en beheer incl. beheerskosten
- relatie plantsoen en beleving

In het stedelijk gebied treden twee problemen met betrekking tot structuuraspecten in relatie tot typologie van begroeiingstypen extra op de voorgrond:

- het definiëren van een minimum-omvang van een karteereenheid (*minimal mapping unit - MMU*) c.q. van complexen van begroeiingstypen
- het definiëren van begroeiingstypen met een zeer laag aandeel vegetatiedek

Samenvattend dient de uiteindelijke typering te voldoen aan de volgende eisen:

- éénduidige definiëring van begroeiingstypen (vegetatie structuur, abiotische aspecten en structuren)
- aansluiting van begroeiingstypen op de kennissystemen van vegetatie, stedelijk groen en beleving
- aansluiting van de begroeiingstypen op faunistische soortparameters

Zij dient het navolgende toepassingsbereik te omvatten, dan wel mogelijk te maken:

- modelmatige doorrekening van (scenario's voor) ecologische kwaliteit van stadshabitat, waarbij het buitengebied wordt meegewogen
- op basis van de modeluitkomsten weergave van de ecologische kwaliteit van de stad op het niveau van individuele soorten
- op basis van de link met andere kennissystemen kan de kwaliteit ook in termen van “biodiversiteit”, “onderhoudsinspanning” en “belevingswaarde” worden vervat

3.2 Basisfactoren bij een begroeiingstypologie in de stad

Bij de oorspronkelijke kaart van begroeiingstypen voor LARCH was een belangrijke eis dat de er landelijke datasets beschikbaar waren voor het opmaken van de landelijke kaart van begroeiingstypen. Tevens is gekozen voor een MMU van 250x250 m in de vorm van gridcellen. (Buit & van Kuijk 1998). Deze eisen worden, gezien het gebruik op individueel gemeentelijk niveau, losgelaten. Uitgangspunt is een fundamenteel wetenschappelijk benadering waarbij de criteria op puur ecologische basis worden geformuleerd. Ook de MMU wordt daarop gebaseerd en uitgangspunt zijn “natuurlijke” grenzen en geen grids. In principe dienen de onderscheiden begroeiingstypen een zo nauwkeurig mogelijke voorspeller te zijn voor het voorkomen van planten en dieren.

Biotoopkarteringen van stedelijk gebied zijn en worden op veel plaatsen uitgevoerd: bijvoorbeeld Nederland (bv. Reumer & Epe 1999), Duitsland (Bundesamt für Naturschutz 2002) en Groot-Brittannië (bv. Goode 1999). In eerste toepassingen van LARCH in de stad (Rotterdam) is door Alterra een verfijnde begroeiingstypen indeling gebruikt (Timmermans, Snep & Dirkse 2000). De karteringseenheden zijn doorgaans gebaseerd op de uiterlijke verschijningsvorm. De gebruikte terminologie sluit dan veelal aan op algemeen gebruikte aanduidingen voor het beschrijven van het landschap als: industrieterrein, bos, wateren. Aan dergelijke globale specificaties worden vervolgens verfijningen gehangen zoals: fabrieksgebouw op industrieterrein, droog bos, rivier. In feite blijven de onderliggende factoren, die aanleiding geven tot de verschijningsvorm, impliciet. Daarnaast betreft het vaak biotoopcomplexen waarvan de precieze samenstelling niet meer achterhaald kan worden. Vanuit wetenschappelijke optiek is een dergelijke “black-box” benadering minder geschikt. De kunst is nu een set van criteria te vinden die de onderliggende factoren voor het voorkomen van planten en dieren als uitgangspunt hebben. Is een lijst van criteria tot stand gekomen dan kan gekeken worden hoe deze tot een indeling van het stedelijk gebied leidt. Vervolgens is het dan zaak een indeling die zo tot stand komt weer in ‘normaal Nederlands’ om te zetten: de legenda-eenheden.

Bij het zoeken naar de juiste criteria speelt de overweging mee dat het gebruik van de begroeiingstypenkaart voor allerhande interpretaties mogelijk moet zijn. Dit dient bij voorkeur te worden bereikt door informatie over aanpalende aspecten zoveel mogelijk als separate lagen te beschouwen. Bijvoorbeeld beheer van stedelijk groen geeft aanleiding tot een bepaalde vegetatiestructuur. De vegetatiestructuur is wel een criterium, het beheer niet. Het beheer hangt als separate parameter aan de vegetatiestructuur. Met name niet-stuurbare factoren, die gezien kunnen worden als standplaatsfactoren, zouden als criterium moeten dienen.

De componenten waaruit het landschap zijn opgebouwd staan in een hiërarchische relatie tot elkaar: het zgn. Rangordemodel (Van der Maarel en Dauvellier 1978 in Londo 1997). Daarin staan atmosfeer en klimaat en geologische gesteldheid op het hoogste hiërarchische niveau en dalen we vervolgens via relief – grond- en oppervlaktewater – bodem – vegetatie af tot het laagste niveau: de fauna. Al deze

componenten beïnvloeden elkaar al hebben de in de hiërarchie hoger geplaatste componenten meer werking op de in de hiërarchie lager geplaatste componenten.

De klimatologische aspecten, de geologische gesteldheid en de geografische ligging in Nederland kunnen bij de beschrijving van begroeiingstypen worden meegenomen door gebruik te maken van de indeling van Nederland in fysisch geografische regio's: "Deel van Nederland dat op macroschaal te onderscheiden is op basis van kenmerkende eigenschappen van geomorfologie, bodem en oppervlaktewater" (Bal et al. 2001). Deze indeling vertoont veel overeenkomst met de indeling in Plantengeografische districten in Nederland (Londo 1997). De geografische ligging in Nederland is niet alleen van belang vanuit klimatologisch en geologisch oogpunt maar ook vanuit het oogpunt van de verspreidingsecologie van soorten. Door isolatie en versnippering, veroorzaakt door een verschillende situering van habitatplekken ten opzicht van kerngebieden kunnen ogenschijnlijk geschikte biotopen door soorten niet gekoloniseerd zijn. Een bekend voorbeeld is met name de bosvogelfauna van de waddeneilanden, waar een aantal gewone soorten ontbreken in ogenschijnlijk zeer geschikt habitat. Dit geldt tevens voor geïsoleerde moerasgebieden op de zandgronden (Kwak et al. 1988).

Het complete stelsel van standplaatsfactoren, dat besloten ligt in relief, waterhuishouding en bodemgesteldheid, bepaalt, in combinatie met menselijk ingrijpen (inrichting en beheer), de begroeiing die op een bepaalde locatie tot stand komt. De vegetatie, met name de floristische samenstelling en de structuur, bepaalt op haar beurt de mogelijkheden voor de fauna om zich te kunnen vestigen.

Een specifiek gegeven is het menselijk handelen. Vanuit deze invalshoek hangen natuur- en landschapswaarden vooral samen met twee aspecten:

- inrichting
- beheer

Met inrichting wordt bedoeld het grondgebruik in de zin van fysieke structuren als grasland, akker, houtwal, plantsoen, poel, sloot, berm, erf, tuin etc. en de waterhuishouding en urbane structuren als wegen, huizen, beschoeiingen enz. Met name in de stad is het aandeel van menselijke bouwsels natuurlijk zeer groot. Zij bepalen dan ook in grote mate de natuuruitingen in de stad. De aanwezigheid van dergelijke grondgebruikelementen in combinatie met het waterbeheer, met name de grondwaterstand, is een eerste randvoorwaarde voor het voorkomen van planten en dieren en bepaald in hoge mate de natuurkwaliteit. In de stedelijke omgeving speelt tevens de keuze van het plantsoen bij de inrichting van groenelementen een cruciale rol. Natuurlijke vegetaties komen relatief weinig voor, zeker voor wat betreft de boom- en struiklaag. De aanwezige soorten zijn vaak voor het overgrote deel door de mens aangeplant.

Het tweede aspect is het beheer. Hoe wordt door menselijk handelen de toestand van de grondgebruikelementen vorm gegeven. Wordt het grasland beheerd (cq. gebruikt) als natuurlijk grasland en wanneer wordt dan gemaaid of is als een gazon. Het beheer bepaald in hoge mate de floristische samenstelling en dus de vegetatie. Zowel direct

als indirect, bijvoorbeeld via structuur of microklimaat, bepaald de vegetatie in grote mate het voorkomen van dieren. Belangrijk aspect van het beheer is tevens die invloed die uitgaat van de inbreng van gebiedvreemde stoffen als bestrijdingsmiddelen, mest en in sommige situaties water.

Het hele complex van menselijk handelen is in van cruciaal belang voor het aanwezige substraat, de vegetatiesamenstelling en de vegetatiestructuur. In het stedelijk gebied geldt dit wel in zeer extreme mate.

Op grond van de hiërarchie in het rangordemodel, aangevuld met het menselijk handelen, kunnen de basisfactoren in hoofdgroepen gerangschikt worden op basis van abiotische, biotische en antropogene uitgangspunten:

- abiotiek
 - fysisch geografische regio
 - reliëf
 - waterhuishouding
 - bodemgesteldheid:
 - ⇒ bodemtype
 - ⇒ antropogene structuren: (aard van het) verhard oppervlak
- biotiek
 - vegetatietype en floristische samenstelling
 - vegetatiestructuur
- menselijk handelen
 - inrichting
 - beheer

3.3 Voorstellen voor een nadere uitwerking van de afzonderlijke basisfactoren

3.3.1 Abiotiek

Door Bal et al. (2001) worden in Nederland 9 fysisch-geografische regio's onderscheiden:

- Heuvelland
- Hogere zandgronden
- Rivierengebied
- Laagveengebied
- Zeekleigebied
- Duinen
- Afsloten zeearmen
- Getijdengebied
- Noordzee

Het is opmerkelijk te zien dat de grotere stedelijke agglomeraten door Bal et al. (2001) niet zijn toegewezen aan de regio's. Denters (1999) beargumenteert dat het

zinnig zou zijn de sterk verstedelijkte gebieden van Nederland in een apart floradistrict onder te brengen: het Urbane District. Met name juist de klimatologische overwegingen, naast het sterk antropogeen bepaalde substraat, is hieraan debet. Het is in de stad over het algemeen duidelijk warmer en droger dan in het buitengebied en mede door de vele verharding neigt het klimaat in de stad meer naar een “steppeklimaat”. Teneinde de geografische ligging in Nederland te respecteren wordt het zinvol geacht het Urbane District als fysisch geografische regio ondergeschikt te maken aan de hierboven genoemde fysisch geografische regio’s. Het urbane district is dan een sub-type van de regio waarin het is gelegen. De volgende urbane regio’s zijn relevant:

- urbane regio van het heuvelland
- urbane regio van de hogere zandgronden
- urbane regio van het laagveengebied
- urbane regio van het zeekleigebied
- urbane regio van het duingebied

Onder het reliëf vallen een aantal aspecten die samenhangen met de positionering van het substraat in de ruimte. Bij het bodemoppervlak gaat het om:

- hoogte t.o.v. NAP
- expositie
- steilheid (hellingshoek)

Bij urbane structuren die op het bodemoppervlak zijn geplaatst komen daar nog een aspecten bij:

- hoogte t.o.v. het maaiveld

Reliëf speelt op verschillende schaalniveaus. Op het niveau van het landschap gaat het om macoreliëf (heuvels en valleien) op het niveau van het maaiveld vaak over microreliëf (molshopen en mierenhopen). Daartussen kan men spreken van mesoreliëf.

Met betrekking tot de waterhuishouding spelen een groot aantal zaken. De belangrijkste aspecten zijn:

- grondwaterstand; niet alleen de hoogte maar vooral het regiem zijn van belang (grondwaterduurlijnen)
- waterkwaliteit; met name de samenstelling van het water, o.a. als resultante van de herkomst van het water zijn van belang (atmoclien, lithoclien, thalassoclien) en de mate van belasting door belastende bronnen
- bij oppervlaktewater speelt tevens stroming en golfslag
- saliniteit
- overspoelingsfrequentie

Vrijwel zonder uitzondering komt het waterregime tot uitdrukking in de vegetatie.

Bij de bodemgesteldheid speelt met name het bodemtype en de mate van verdichting van de bodem. De bodemgesteldheid bepaald voor een belangrijk deel weer het vegetatietype, in combinatie met de waterhuishouding. Daarnaast speelt de

bodemgesteldheid ook een rol in de warmtehuishouding en biedt het substraat voor bodemdieren en dieren die het substraat gebruiken als schuilplaats of voortplantingsplaats.

Landschappelijke eenheden met een min of meer gelijke gesteldheid ten aanzien van klimaat, bodem en waterhuishouding worden aangeduid met de term fysiotopen. Zij vormen met de fysisch-geografische regio's de basisingang bij het kennissysteem van de Nederlandse vegetatie SynBioSys.

3.3.2 Biotiek

Het vegetatietype en floristische samenstelling van de begroeiing zijn van groot belang voor het voorkomen van dieren. Het vegetatietype is de symbiotische constellatie van de flora. Individuele plantensoorten vertonen een zekere mate van consistentie in het voorkomen in verschillende vegetatietypen. Hetzij zijn ze aspectbepalend, hetzij begeleidend hetzij exclusief voor bepaalde vegetatietypen. Het systeem van plantengemeenschappen dient als basis voor de floristische beschrijving van begroeiingstypen.

Naast de floristische samenstelling van de begroeiing speelt met name voor de fauna de vegetatiestructuur. Met vegetatiestructuur wordt vooral bedoeld de hoogte, dichtheid en gelaagdheid van de begroeiing. Ook aspecten als stamdikte en dood hout worden hieronder vervat. Uit faunistisch oogpunt zijn vaak volume en biomassa van belang in de zin van hoeveelheid schuil-/verblijfplaats en hoeveelheid voedsel.

3.3.3 Menselijk handelen

Met inrichting wordt bedoeld het grondgebruik in de zin van fysieke structuren. Dit kunnen al dan niet natuurlijke landschapselementen zijn en antropogene structuren als wegen en huizen. Belangrijkste aspecten bij het definiëren van de inrichting zijn:

- mate van natuurlijkheid
- mate van beïnvloeding door de mens
- gebruiksfunctie
- dynamiek en ouderdom

Op grond daarvan kunnen de diverse categorieën worden onderscheiden, zoals beschreven in tabel 1.

Als de fysieke structuur is gegeven is de feitelijke vegetatiesamenstelling en vegetatiestructuur vervolgens afhankelijk van de manier waarop met de begroeiing wordt omgegaan: het beheer. Wordt er gemaaid, gehakt, bemest, gespoten en wat dies meer zij. De abiotische standplaatsfactoren bepalen in principe welke plantensoorten zich zouden kunnen vestigen, maar het beheer bepaald uiteindelijk of ze er daadwerkelijk tot ontplooiing komen.

.

Tabel 1 "Hoofdcategorieën stedelijke begroeiingstypen, ingedeeld op basis van natuurlijkeheid, menselijke invloed, gebruiksfunctie en dynamiek".

	natuurlijkheid	menselijke invloed	gebruiksfunctie	dynamiek
natuurlijke elementen	spontane vestiging van planten	niet op de biotiek	natuur	laag of systeembepaalde natuurlijke dynamiek (oud)
Halfnatuurlijke elementen	grotendeels spontane vestiging van planten	deel van de planten aangeplant en/of gericht beheer	natuur of landschap	Matig (middeloud tot oud)
Landbouwpercelen	uitzaaien van gewenste planten en onkruidbestrijding	"alle" planten aangeplant, ongewenste planten bestreden	agrarische productiegrond	zeer groot (jong tot middeloud)
park en gazon	bewuste keuze van plantsoen en gewas	groot deel van de planten aangeplant; veel exotische soorten; ten dele spontane vestiging	natuur en recreatie	matig tot groot (jong tot middeloud)
Tuin	vrijwel alles antropogeen bepaald	volledig plantendek antropogeen bepaald en/of beïnvloed; bijna uitsluitend exotische soorten; beperkte spontane vestiging wordt veelal verwijderd ("onkruid")	privé	matig tot zeer groot (jong tot middeloud)
verhard oppervlak	vrijwel alles antropogeen bepaald	substraat ongeschikt gemaakt voor begroeiing	infrastructuur: weg, spoorweg, trottoir, parkeerplaats	zeer groot (jong)
bebouwing	vrijwel alles antropogeen bepaald; van belang is de mogelijkheid tot schuilen of nestelen	substraat ongeschikt gemaakt voor begroeiing	wonen en werken	Matig (jong tot oud)

Met name in de stedelijke omgeving wordt veelal een zeer intensief beheer gevoerd over de antropogene structuren als groenvoorzieningen, verhard oppervlak en bebouwing. Voor groenvoorzieningen bestaan allerhande beheersregimes welke vooral inwerken op de vegetatiestructuur. De vegetatiesamenstelling is voor het overgrote deel al bepaald door de keuze van het plantgoed of zaaimengsel tijdens de inrichting van het object. Bij verhard oppervlak en bebouwing is het beheer er doorgaans op gericht vegetatie geheel te verwijderen.

De hierboven besproken vorm van beheer heeft te maken met een bewuste beïnvloeding van de begroeiing door menselijke ingrepen: groenbeheer of natuurbeheer.

Een onbedoelde vorm van “beheer” is de beïnvloeding van de begroeiing door milieufactoren, zoals bijvoorbeeld depositie van stoffen als gevolg van antropogene emissies of door huisdieren en bijvoorbeeld vernieling en betreding. Directe invloed op de fauna komt ook voor bijvoorbeeld door geluidsbelasting, verstoring en verontrusting. En tot slot is er vooral in het stedelijk gebied vaak sprake van een verstoord ecologisch evenwicht tussen soorten als gevolg van het voorkomen van al dan niet verwilderde huisdieren (bv. katten, soepeenden) en het bevoordelen van soorten door bijvoeding.

3.4 Algemene overwegingen bij een indeling van begroeiingstypen

Het overzicht van factoren, die het voorkomen van levensgemeenschappen en de diverse soorten planten en dieren in het bijzonder bepalen, zoals hierboven aangegeven, moet ten grondslag liggen aan een inhoudelijke definiëring van de begroeiingstypen.

Alvorens daartoe te komen zijn een aantal algemene vraagstukken op te lossen zoals:

- Hoe moet er omgegaan worden met het schaalprobleem? Is dit te tackelen door habitatcomplexen te definiëren?
- Is de definiëring van begroeiingstypen sluitend voor het beschrijven van de habitats in de ecologische infrastructuur? Het gaat niet alleen om habitat waarin een organisme kan voortbestaan maar ook om habitat dat een barrière kan vormen.
- Hoe weten we of de indeling in begroeiingstypen ook ecologisch gezien hout snijdt? Vooral de vraag of de begroeiingstypen het voorkomen van soorten voldoende verklaren vanuit het onderliggende factorencomplex is daarbij relevant.

3.4.1 Habitat of habitatcomplex

Alvorens over te kunnen gaan tot de inhoudelijke definiëring van begroeiingstypen is het nodig het schaalvraagstuk te tackelen. Onder een “begroeiingstype” wordt verstaan een landschapsecologische eenheid met een homogeen vegetatiedek qua

samenstelling en structuur of een logisch complex van kleinschalige eenheden. Uitgangspunt voor de schaal waarop begroeiingstypen moeten worden gedefinieerd is de minimale omvang die een habitatplek voor een reproductieve eenheid van een organisme moet hebben. Het spreekt voor zich dat dit per organisme zeer verschillend is. Het minimum areaal voor een reproductieve eenheid van een korstmos is bijvoorbeeld maar één baksteen of een dm² boomstam, terwijl dat voor een Slechtvalk enkele km² bedraagt. Dieren hebben veelal de behoefte aan een habitatcomplex: een samenstel van verschillend habitat, waarin op verschillende momenten van de reproductieve cyclus of het seizoen of zelfs etmaal gebruik gemaakt kan worden. Gradiënten kunnen juist een aspectbepalend element van het habitat van een soort vertegenwoordigen. Trekvogels gebruiken zelfs een areaal tot op het niveau van meerdere continenten. In natuurlijke habitat is het uitgaan van vegetaties een vruchtbare methode. Daarbij is een vegetatie dan gedefinieerd als een vlak met een min of meer homogene floristische samenstelling in een karakteristieke combinatie van soorten.

Juist in het sterk antropogeen beïnvloedde landschap als de stad vormen natuurlijke elementen echter een zeer klein deel van het aanwezige habitat. Daarbij komt dat antropogene structuren vaak tot zeer grote diversiteit aan structuren en substraten op een klein oppervlak leiden.

3.4.2 Begroeiingstypen en ecologische infrastructuur

Een landschapselement kan een verschillende rol spelen in de ecologische infrastructuur:

- Kerngebied: een habitatplek die voldoende leefgebied biedt voor een duurzame populatie
- Stapsteen: een habitatplek waar een soort wel kan leven maar die te klein is voor een duurzame populatie
- Corridor: habitatplekken die alleen als verbindingelementen tussen stapstenen en kerngebieden dienst doen
- Barrières: habitatplekken die moeilijk zijn over te steken voor de soort.

Bij de definiëring van begroeiingstypen dienen deze verschillende typen van habitatplekken wel op de kaart terug te vinden te zijn. Voor de kerngebieden zal dit vaak wel het geval zijn, en vermoedelijk ook voor de stapstenen, hoewel deze laatste ook een puntvormig karakter kunnen hebben. Corridors en barrières hebben al gauw een lijnvormig karakter. Puntvormige en lijnvormige elementen lopen het risico door hun geringe omvang onder de minimale mapping unit te gaan vallen.

3.4.3 De ecologische implicatie van het begroeiingstype

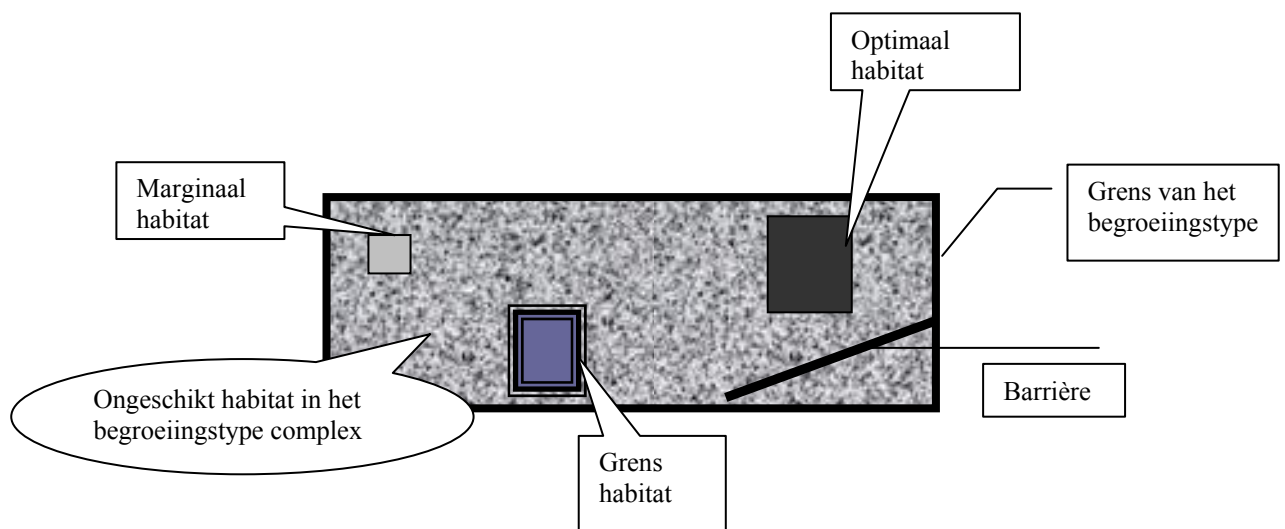
Het uitgangspunt voor de nieuw te ontwikkelen typologie van begroeiingstypen was, dat definiëring en begrenzing zodanig zijn dat ze een goede voorspeller zijn voor het voorkomen van planten en dieren. Daarnaast is gesteld dat het nodig is te weten in

welke mate het voorkomen van planten en dieren wordt verklaard vanuit het beschreven factorencomplex dat ten grondslag ligt aan de bepaling van het begroeiingstype. Aan deze uitgangspunten kan slechts tegemoet gekomen worden door het kiezen van een zo klein mogelijke “black-box”. De enige realistische mogelijkheid voor het stedelijk gebied ligt in het definiëren van habitatcomplexen, waarbij de aandelen van verschillend habitat en habitatstructuren bekend is.

Daarnaast speelt de hiërarchie in factoren: abiotiek, biotiek, menselijk handelen. Bij het opstellen van de nieuwe begroeiingstypenkaart (Pouwels, 2000) worden drie niveaus onderscheiden: basis - kwaliteit - druk. Deze driedeling komt in wezen overeen met de driedeling in hiërarchische factoren. Het abiotisch niveau is dan het basisniveau, het biotisch niveau het kwaliteitsniveau en het menselijk handelen het drukk niveau.

3.4.4 Complexiteit van begroeiingstypen in de stad

Schaalproblematiek, betekenis in de ecologische infrastructuur en ecologische implicatie van begroeiingstypen komen allen samen in habitatcomplexen zoals ze in stedelijk gebied voortdurend zijn aan te treffen. De voorspellende waarde voor het voorkomen van soorten van een dergelijk begroeiingstype kan best groot zijn, maar de voorspellende waarde ten aanzien van de exacte locatie en de feitelijke oorzakelijke factoren is nogal vaag.



Figuur 1 Habitatcomplex als begroeiingstype

De verschillende elementen van het begroeiingstype hebben vaak ook nog een verschillende functie voor individuele soorten. Zo bestaat het habitat van een Huismus uit verschillende elementen:

- nestplaats: kapotte dakpan
- zangpost: dakgoot, schoorsteen, nokpan
- schuilplaats: dichte struik of “rietachtige” Hochstauden

- foerageerplaats: onkruidveldjes, gazons, borders met Afrikaantjes e.a.
Al deze elementen dienen aanwezig te zijn wil de Huismus succesvol voor kunnen komen.

3.4.5 Stadse soorten en stadse habitatfactoren – een eerste confrontatie op basis van de voorgestelde systematiek

In de voorgaande paragrafen is uitgebreid ingegaan op factoren die het voorkomen van levensgemeenschappen met hun planten en dieren beïnvloeden en zijn een aantal algemene problemen besproken bij het formuleren van een typologie van begroeiingstypen. De complexiteit van het stedelijk habitat, met talrijke habitatelementen en barrières in een vaak fijnkorrelig patroon maken het niet eenvoudig tot een eenduidige afgrenzing van begroeiingstypen te komen. Teneinde meer inzicht te krijgen in de werking van de verschillende factoren is, bij wijze van voorbeeld, voor een viertal “stadse” soorten een eerste confrontatie tussen voorkomen en het onderliggende factorencomplex, behulpzaam. Daarbij wordt met name gefocussed op de ruimtelijke structuren en habitatelementen die van belang zijn voor het voorkomen van de soorten.

Uitgegaan is van soorten die voor hun voorkomen van de stad afhankelijk zijn dan wel het zwaartepunt van voorkomen in de stad hebben (men spreekt wel van urbane soorten of urbicolen (Denters 1998) en een bosvogel die ook in oudere stadsparken veel voorkomt (Denters 1998, Van der Sluis 1999).

Ingebed in het geschetste factorencomplex wordt nagegaan wat, op basis van de ecologie van de soorten, de bepalende factoren zijn voor het voorkomen. Tevens wordt ingegaan op schaalproblematiek en gevoeligheid voor barrières en wordt aangegeven of een begroeiingstype een goede voorspeller zal zijn voor het voorkomen van de soort. Enerzijds wordt een inschatting gegeven van het relatieve belang van een bepaalde factor, anderzijds wordt een omschrijving gegeven van de hoedanigheid van de betreffende factor voor de betreffende soort.

Uit de vier analyses komt duidelijk naar voren dat de werking van de verschillende factoren per soort zeer sterk verschilt. Daarbij lijken de verschillende niveaus altijd wel op één of andere manier door te werken in het voorkomen van de soorten. Het is dan ook niet te verwachten dat een begroeiingstypen typologie voor elke soort eenzelfde voorspellend vermogen zal hebben. De enige manier om de black box niet te ruim te formuleren is de feitelijke opbouw van begroeiingstypen goed te kennen. In feite zijn begroeiingstypen steeds habitatcomplexen, waarvan de individuele componenten, voor zover relevant voor het voorkomen van soorten, in hun omvang en verschijning in zekere zin bekend moeten zijn.

Op de volgende pagina's zijn de factorencomplexen als voorbeeld voor een aantal plant- en diersoorten nader uitgewerkt.

Factorencomplex Flora - Straatliefdegras (*Eragrostis pilosa*)

		betekenis	omschrijving
Abiotiek	Fysisch Geografische Regio	++	vanuit het westen gevestigd (begonnen in Rotterdam); in het noorden nog schaars
	reliëf	-	irrelevant
	waterhuishouding	+	droog; wel verslechte plekken
	bodemgesteldheid	++	zandig; ook tussen stenen
Biotiek	Vegetatie(samenstelling)	++	vegetatiekundig beperkt tot de subassociatie eragrostietosum van de associatie van Vetmuur en Zilvermos (<i>Bryo-sagineto procumbentis</i>) uit de Weegbreekklasse (<i>Plantaginetea majoris</i>)
	vegetatiestructuur	-	
Menselijk handelen	inrichting	++	tussen straatstenen en tegels
	beheer	-	kan tegen zeer extreme omstandigheden
Algemene overwegingen	schaal	++	microschaal
	Versnippering / barrières	-	zaden worden makkelijk verspreid, o.a. via wielen van auto's
	Aut-Ecologische implicatie	--	altijd onderdeel van een habitatcomplex. Component verhanding met stenen of tegels essentieel

Geraadpleegde literatuur: Weeda, Westra, Westra & Westra. 1994, Schaminée, Stortelder & Weeda. 1996.

Factorencomplex Flora - Steenbreekvaren (<i>Asplenium trichomanes</i>)		betekenis	omschrijving
Abiotiek	Fysisch Geografische Regio	++	hoewel in heel Nederland voorkomend een duidelijk zwaartepunt in Heuvelland en Rivierengebied
	reliëf	+	microreliëf zeer steil (muren); expositie: niet in felle zon
	waterhuishouding	+	relatief vochtig (muren aan waterkanten); gevoelig voor verdroging
	bodemgesteldheid	++	stenig substraat niet te niraatrijk
Biotiek	Vegetatie(samenstelling)	++	beperkt tot de Muurvaren-klasse (<i>Asplenietea tricomans</i>); daarbinnen voornamelijk in de Muurvaren-associatie (<i>Asplenietum ruto-murario-trichomanis</i>)
	vegetatiestructuur	+	open
Menselijk handelen	inrichting	++	oude muren op vochtige plaatsen of oude muren van gebouwen waar niet wordt gestookt
	beheer	++	wordt vaak verwijderd
Algemene overwegingen	schaal	++	micro-schaal
	Versnippering / barrières	-	sporenplant waarvan de wind de sporen gemakkelijk verspreid
	Aut-Ecologische implicatie	--	altijd onderdeel van een habitatcomplex. Samenspel van muren, ouderdom, vocht en voedselarmoede

Geraadpleegde literatuur: Weeda, Westra, Westra & Westra. 1985, Schaminée, Weeda & Westhof 1998.

Factorencomplex	vogels - Boomklever		
		betekenis	omschrijving
Abiotiek	Fysisch Geografische Regio	++	geografische isolatie - ligging ten opzichte van bosgebieden in het midden en oosten van het land
	reliëf	-	niet relevant, mogelijk indirect via vegetatietype
	waterhuishouding	-	indirect via vegetatietype
	bodemgesteldheid	-	indirect via vegetatietype
Biotiek	Vegetatie(samenstelling)	++	duidelijk gebonden aan vochtige (niet natte) tot droge loofbossen; oude loofbomen
	vegetatiestructuur	++	stamomtrek >40 cm
Menselijk handelen	inrichting	++	bos
	beheer	++	oude bomen met dikke stammen
Algemene overwegingen	schaal	++	minoppervlak voor territorium 2 ha voor duurzame populatie 20 ha
	Versnippering / barrières	+	gevoelig voor versnippering
	Aut-Ecologische implicatie	++	zeer goed te voorspellen binnen begroeiingstype

Factorencomplex vogels - Zwarte Roodstaart

		betekenis	omschrijving
Abiotiek	Fysisch Geografische Regio	++	geografische isolatie - Nederland ligt aan Noordwestelijke rand van verspreidingsgebied in Europa
	reliëf	+	expositie op de zon, zoekt droge, warme plekken
	waterhuishouding	+	droog habitat
	bodemgesteldheid	+	zandig of stenig habitat
Biotiek	Vegetatie(samenstelling)	++	pioniervetetaie of lage begroeiing
	vegetatiestructuur	++	kaal
Menselijk handelen	inrichting	++	grootschalige bebouwing met mogelijkheid tot foerageren op niet- tot schaars begroeid terrein met uitzichtspostjes
	beheer	+	schaars begroeid, verstoord
Algemene overwegingen	schaal	++	habitatcomplex; van het niveau van één kaal boeren erf tot nieuwbouwwijk, tot industrieterrein
	Versnippering / barrières	-	irrelevant
	Aut-Ecologische implicatie	-	lastig te pakken soort

Factorencomplex vogels - Gierzwaluw

		betekenis	omschrijving
Abiotiek	Fysisch Geografische Regio	+	geografische isolatie is beperkt voor het noorden en zuidwesten van het land
	relief	-	irrelevant
	waterhuishouding	-	irrelevant
	bodemgesteldheid	-	irrelevant
Biotiek	Vegetatie(samenstelling)	+	wel relevant voor foerageren (donker weer boven water, verder vaak boven bos en langs bosranden), niet voor broeden
	vegetatiestructuur	+	vrije invliegruimte voor nestplaatsen
Menselijk handelen	inrichting	++	bebouwing met oude daken of speciale nestdakpannen met een vrije aanvliegroete
	beheer	+	nestplaatsen handhaven
Algemene overwegingen	schaal	++	habitatcomplex; broedplaatsen en foerageergebieden vaak (zeer) ver uiteen (tot >100 km)
	Versnippering / barrières	+	soort is zeer broedplaatstrouw en nieuwe broedplaatsen worden moeilijk aangenomen, zelfs op korte afstand
	Aut-Ecologische implicatie	+	broedplaatsen zijn goed te definiëren; gehele habitat speelt op zeer grote schaal

3.5 Uitgangspunten voor de typologie van begroeiingstypen

Op grond van bovenstaande beschouwingen zijn een aantal uitgangspunten te formuleren voor het opstellen van de begroeiingstypen typologie. Men bedenke dat de soort-parameters op grond waarvan LARCH uiteindelijk zal gaan draaien, steeds per begroeiingstype zullen worden bepaald. Daarom wordt bij de formulering van de uitgangspunten voor de typologie ook ingegaan op de doorwerking in het beplaan van soortparameters.

Een begroeiingstype wordt benoemd op basis van de volgende overwegingen:

- de fysiognomie van de eenheid moet duidelijk in het begroeiingstype worden gereflecteerd. Dit is tevens van dienst bij het herkennen van eenheden met remote sensing
- het substraat aan het aardoppervlak moet goed af te lezen zijn uit het type
- de FGR wordt als aparte layer beschouwd. Zij klinkt niet door in het type, maar wel in de soort-parameters
- de vegetatiesamenstelling en de –structuur zijn belangrijke uitgangspunten voor de typologie. Het onderdeel van het menselijk handelen dat zich bezig houdt met de bewuste beïnvloeding van de vegetatie (inrichting en vegetatiebeheer) moet sterk doorklinken in de typologie
- begroeiingstypen gelden voor het urbane gebied; dit is het areaal uit het Landelijk Grondgebruiksbestand versie 4 (LGN4) dat wordt aangeduid met “Bebouwd gebied”
- onderscheid wordt gemaakt op de mate van natuurlijkheid van de eenheden; bij urbane structuren wordt zoveel mogelijk van uni-functionele eenheden uitgegaan
- beïnvloedingen van de milieukwaliteit worden als aparte layers beschouwd. Zij kunnen wel degelijk van invloed zijn op de soortparameters, maar om dit tastbaar te maken moet de werking op deze parameters separaat worden bepaald
- er wordt gewerkt op een zeer klein schaalniveau voor het definiëren van de componenten (“micro”begoeiingstypen). Voor hogere schaalniveaus worden complexen van begroeiingstypen gedefinieerd, waarbij de aandelen van de micro-eenheden als uitgangspunt dienen

In de navolgende paragrafen wordt, bij wijze van voorbeeld, een nadere toelichting gegeven op de systematiek voor het opstellen van een geformaliseerd begroeiingstypen typologie. Daarbij is geen volledigheid nagestreefd. De invulling dient als exemplarisch en geeft een aanzet voor een toekomstige, complete definiëring van stedelijke begroeiingstypen.

3.5.1 Hoofdindeling begroeiingstypen

De indeling in begroeiingstypen is gebaseerd op een aantal niveaus van inwerking van factoren. Deze niveaus zijn hiërarchies gerangschikt. De kartering van de begroeiingstypen in de stad zal kunnen gebeuren met bestaande databestanden, aangevuld met remote sensing en veldopnamen.

De typologie van begroeiingstypen in de stad beperkt zich in principe tot het landschapstype “bebouwd gebied”. In de praktijk zal per studiegebied nagegaan moeten worden hoe de actuele situatie is. Vooral door het sterk uitbreidende karakter van steden kan het voorkomen dat de LGN4 bestanden niet voldoende actueel zijn.

Niveau	Niveau 1	Niveau 2	Niveau 3	Niveau 4	Niveau 5	Niveau 6	Niveau 7	Niveau 8	Niveau 9	Niveau 10
bronbestanden	Bron LGN4	LGN4 CBS bodemstatistiek	remote sensing	remote sensing	remote sensing	remote sensing	remote sensing	veldopname	veldopname	veldopname
Indelingsaspect	Landschap	Aard van urbane structuur	Hoogte van de urbane structuur	helling	substraat	expositie	Vegetatie structuur	Ouderdom	Structuur elementen	Vegetatie type
Categoriën	Bebouwd gebied	Bebouwing	>50 m	Vlak /Plat	Water	NO	Geen	Recent (<1 jr)	Dood liggend hout	Syn oecologische eenheid
	Buitengebied - agrarisch gebied	Verhard oppervlak	15-50 m	Schuin	Asfalt	ZW	Korstmos	Jong (1-5 jr)	Dood staand hout	Groenbeheer type
	Buitengebied – bos	Tuin	5-15 m	Steil	Beton		Mos	Vrij jong (5-20 jr)	nestkasten	
	Buitengebied – water	Park en gazon	0 - 5 m	Verticaal	Baksteen		Ondergedoken waterplanten	Vrij oud (20-50 jr)		
	Buitengebied - infrastructuur	“landbouw” perceel	Beneden maaiveld		Klinkers		Drijvende waterplanten	Oud (50-100 jr)		
	Buitengebied - natuur	Halfnatuurlijk element			Tegels		Moerasvegetatie	Zeer oud (>100 jr)		
		Natuurlijk element			Grint		Lage succulenten (Muurpeper)			
					Grondsoort		Grazig			
							Grazig met struiken			
							Struiken			
							Grazig met bomen			
							bomen			
							Struiken en bomen			

De hoofdingeling is gebaseerd op niveau 2: de aard van de urbane structuur. Deze kan worden gezien als een graduele inschaling van de invloed van menselijk handelen op inrichting en beheer van de eenheid.

De verwachte doorwerking van niveau 3 tot 9 op een nadere onderverdeling is in tabel 2 globaal ingeschat.

Tabel 2 "Hoofdcategorieën stedelijk begroeiingstypen, beschreven aan de hand van niveaus 3-9"

Natuurlijkheidsgraad	Hoofdtype	hoogte	Helling	substraat	Expositie	Vegetatie structuur	ouderdom	Structuur elementen	Vegetatie type
	Bebouwing	++	+	+	+		++	+	
	Verhard oppervlak		+	++	+	+	+		+
	Tuin		+	++	+	++	++	+	+
	Park en gazon		+	++		++	++	+	+
	"landbouw"perceel		+	++		+			+
	Halfnatuurlijk element		+	++	(+)	++	++	++	++
	Natuurlijk element		+	++	(+)	++	++	++	++

3.5.2 Benoeming van enkelvoudige begroeiingstypen

In de navolgende paragrafen zullen de begroeiingstypen één voor één benoemd worden en wordt de differentiering op basis van de indelingsniveaus onderbouwd.

Begroeiingstypen van bebouwd gebied – bebouwing

Begroeiingstype	Functie	Differentiërende eigenschappen							
		hoogte	Helling	substraat	Expositie	Vegetatie structuur	ouderdom	Structuur elementen	Vegetatie type
Mast	communicatie	> 15 m		Staal / hout				nestkast	
Toren	Wonen / werken	> 15 m		Beton / steen	NO/ZW			Nestkast	
Wolkenkrabber	Wonen /werken	> 50 m		Beton / steen	NO/ZW			Nestkast	
Hoogbouw	Wonen / werken	15-50 m		Beton / steen	NO/ZW			Nestkast	
Woning	Wonen	5-15 m		Beton / steen / hout	NO/ZW			Nestkast	
Laagbouw	Wonen	0-5 m		Beton / steen / hout					
bouwput	werken	<0 m		Beton / steen / zand / water		Geen / moerasvegetatie			

Begroeiingstypen van bebouwd gebied – verhard oppervlak

Begroeiingstype	Functie	Differentiërende eigenschappen							
		hoogte	Helling	substraat	Expositie	Vegetatie structuur	ouderdom	Structuur elementen	Vegetatie type
Dak	Wonen / werken		Steil / vlak/plat	Struweel / Gras / Riet / grind / asfalt(dakleer) / steen	NO / ZW	Kaal / korstmus / mos / lagr succulenten / grazig / struweel	Jong tot oud	Nestkasten	diversen
Muur	Wonen / werken / waterkering		Verticaal	Beton /steen					
Wandelpad	Infrastructuur								
Stoep	Infrastructuur								
Fietspad	Infrastructuur								
Straat	Infrastructuur								
Parkeerterrein	Infrastructuur								
kade	Werken / infrastructuur								
vliegveld	Werken / infrastructuur								
Spoorweg	Infrastructuur								

Begroeiingstypen van bebouwd gebied – tuin

Begroeiingstype	Functie	Differentiërende eigenschappen							
		hoogte	Helling	substraat	Expositie	Vegetatie structuur	ouderdom	Structuur elementen	Vegetatie type
Open tuin	Wonen					Alleen kale bodem of grazig			
Halfopen tuin	Wonen					Grazig met wat struiken en een enkele bomen			
Besloten tuin	wonen					Grazig met veel struiken en bomen			

Begroeiingstypen van bebouwd gebied – park en gazon

Begroeiingstype	Functie	Differentiërende eigenschappen							
		hoogte	Helling	substraat	Expositie	Vegetatie structuur	ouderdom	Structuur elementen	Vegetatie type
Besloten park								nestkasten	Groenbeheerstype
Halfopen park									
Open park									
Gazon									

Begroeiingstypen van bebouwd gebied – “landbouw”perceel

Begroeiingstype	Functie	Differentiërende eigenschappen							
		hoogte	Helling	substraat	Expositie	Vegetatie structuur	ouderdom	Structuur elementen	Vegetatie type
Grasland						Biljartlaken			Graslandtypen
Bouwland						Bultig			gewassen
						Halfhoog			
						Hochhstauden			

Begroeiingstypen van bebouwd gebied – halfnatuurlijke element

De definiering van deze typen kan aansluiten bij LARCH nationaal (Pouwels, 2000)

Begroeiingstype	Functie	Differentiërende eigenschappen							
		hoogte	Helling	substraat	Expositie	Vegetatie structuur	ouderdom	Structuur elementen	Vegetatie type

Begroeiingstypen van bebouwd gebied – natuurlijk element

De definiering van deze typen kan aansluiten bij LARCH nationaal (Pouwels, 2000)

Begroeiingstype	Functie	Differentiërende eigenschappen							
		hoogte	Helling	substraat	expositie	Vegetatie structuur	ouderdom	Structuur elementen	Vegetatie type

3.5.3 Definiëring van complexe begroeiingstypen

Complexe begroeiingstypen worden alleen gedefinieerd voor de fijnmazige, zich herhalende patronen, die samen hangen met de gebruiksfunctie. Zij worden toegepast wanneer een minimal mapping unit van >10x10 m gebruikt wordt.

De functionele samenhang dient dan uitgangspunt te zijn.

Twee groepen van begroeiingstypen worden daarom als complexen gedefinieerd:

- woonwijken
- industrieterreinen

De definiëring vindt plaats op basis van het aandeel aan begroeiingstypen van een lager schaalniveau in de complexe eenheid. Daarbij gaat het om de volgende aspecten:

- aandeel bebouwing en aard van de bebouwing
- aandeel verhard oppervlak per type verhard oppervlak (bv aandeel straat, stoep, pad, dak etc)
- aandeel tuinen en aard van de tuinen (met name de vegetatie structuur)
- ouderdom van de eenheden

Bij wijze van voorbeeld zijn hieronder een tweetal complexe begroeiingstypen aangegeven.

Begroeiingstype	Functie	Differentiërende eigenschappen							
		hoogte	Helling	substraat	Expositie	Vegetatie structuur	ouderdom	Structuur elementen	Vegetatie type
Nieuwbouwwijk met weinig groen							<5 jr		
Nieuwbouwwijk met veel groen							<5 jr		
Nieuwbouwwijk met veel groen en wadi's							<5 jr		

Begroeiingstype	Functie	Differentiërende eigenschappen							
		hoogte	Helling	substraat	Expositie	Vegetatie structuur	ouderdom	Structuur elementen	Vegetatie type
Jong Industrierrein									
Middeloud									
Oud									

4 Remote sensing als instrument voor het onderscheiden van stedelijke begroeiingstypen

4.1 Remote sensing als tool voor het bepalen van begroeiingstypen

4.1.1 Outline

Bij de beschrijving, cq de beoordeling van de biotoopstructuur in stedelijk gebied doen zich twee belangrijke problemen voor:

- de grote dynamiek in het grondgebruik
- het veelvuldig optreden van fijnkorrelige habitatcomplexen

De eerste factor betekent dat data bestanden aangaande de ligging, type en kwaliteit van bebouwing, (openbaar) groen, industrie etc. geregeld geactualiseerd moet worden. De tweede factor vraagt om een geformaliseerde aanpak voor het benoemen en begrenzen van habitatcomplexen tot biotoopeenheden. Nagegaan is of Remote Sensing (RS) en de daarmee samenhangende technieken van duiding van de beelden en de begrenzing van “homogene” eenheden deze problemen adequaat en kostengunstig kan tackelen.

De reikwijdte van een Remote Sensing benadering is tweeledig:

- naar een snelle manier van biotoopkartering in het stedelijk gebied komen
- naar objectieve manier van biotoopkartering in het stedelijk gebied komen

Een “snelle” kartering maakt het mogelijk ook waarnemingen voor monitoringsdoeleinden te verzamelen. Bedenk de snelle biotoopontwikkeling in nieuwbouwwijken of stadsdelen met natuurgerichte ontwikkelingen.

Het tweede aspect is vooral belangrijk om “ruis” in het verklarend vermogen van het voorkomen van biotopen en doelsoorten te elimineren, die het gevolg is van subjectieve afgrenzing van biotoopstructuren.

4.1.2 Aanpak

4.1.2.1 Bronmateriaal

Een belangrijke overweging bij de keuze van het type remote sensing bronmateriaal is het beschikbare detail. Om habitatcomplexen goed te kunnen beschrijven moet het bronmateriaal beschikken over een ruimtelijk detail van minimaal een meter en moet het mogelijk zijn om vegetatie van niet-vegetatie te kunnen onderscheiden. Hiervoor is informatie in het nabij-infrarode spectrum bevatten een vereiste.

Voor satellieten is de keuze hiermee beperkt tot Ikonos en QuickBird. Luchtfoto's kunnen in principe ook gebruikt worden maar brengen hogere kosten met zich mee. In tegenstelling tot de satellieten die operationeel standaard opnamen kunnen maken vereist het opnemen van een luchtfoto de speciale inzet van een vliegtuig met geschikte fotocamera's. Voor opnamen van een klein gebied zijn de kosten een veelvoud van de kosten van een enkele satellietopname. Om deze reden zijn luchtfoto's buiten beschouwing gebleven.

Tabel 3 Specificaties QuickBird en Ikonos satelliet

	QuickBird	Ikonos
resolutie	Panchromatisch (Pan): 61 cm MultiSpectraal (MS) : 2.44 m	Pan : 1 m MS : 4 m
spectrale banden	Pan: 450 - 900 nm Blue: 450 - 520 nm Green: 520 - 600 nm Red: 630 - 690 nm Near IR: 760 - 900 nm	Pan: 450 - 900 nm Blue: 450 - 520 nm Green: 520 - 600 nm Red: 630 - 690 nm Near IR: 760 - 900 nm

Opnamen van beide satellieten kunnen via dezelfde leverancier, Neo BV in Amersfoort, besteld worden. In overleg met NEO is gekozen voor het programmeren van de Ikonos voor het maken van een opname van Eindhoven. De kans op een geslaagde opname met Ikonos werd hoger ingeschat dan met QuickBird.

De Ikonos satelliet heeft twee sensoren waarmee gelijktijdig opnamen gemaakt worden. Er wordt opgenomen in het zichtbare licht: het blauw (B), groen (G) en rood (R) en in het niet-zichtbare licht: het nabij-infrarood (IR). Hiervoor wordt de zogenaamde Multi-Spectrale (MS) sensor gebruikt en dit wordt opgenomen met een detail van 4 meter. Tevens wordt op hetzelfde moment een opname gemaakt met de Panchromatische (Pan) sensor. Dit bevat dezelfde informatie als de MS sensor maar nu wordt het in één informatielaag opgeslagen in plaats van in vier verschillende. De pan sensor kan hierdoor met een detail van 1 meter opnemen.

Begin juni 2003 is de opdracht voor het maken van een opname met Ikonos van Eindhoven geplaatst. Op 19 juli 2003 is de opname gemaakt en deze is binnen een week geleverd. [Het gaat hier om een gebied van 10 x 10 km, waarmee het centrum en een groot deel van de buitenwijken + het stadsrand-groen zijn meegenomen (zie figuur 2). Door de omvang van het beeld + de locatie bleek het mogelijk de gehele stad-land gradiënt van ruraal en natuurgebied tot en met het stedelijk centrum in beeld te brengen. De opnamen bevatten zowel het Multi-Spectraal (MS) als het Panchromatisch beeld (Pan), zie tabel 3.



Figuur 2 Ikonos opname van eindboven op 19 juli 2003, afgebeeld als false-color. Rode kleuren in het beeld laten gebieden met vegetatie zien, blauwe kleuren geven verharding, bebouwing en onbegroeide gebieden weer. Verder zijn de wolken (wit) en schaduw (zwart) duidelijk te herkennen. Water wordt op deze opname ook in zwart weergegeven



Figuur 3 Voorbeeld van de panchromatische opname (1 m detail) en de multi-spectrale opname (4 m detail)

Vorbereiding van het satellietbeeld.

De MS en de pan informatie kan via standaard beeldverwerkingstechnieken gecombineerd worden (ERDAS 1994). Hiermee wordt een nieuwe informatie laag aangemaakt die de 4 verschillende spectrale informatie lagen van de MS sensor bevat en tevens het 1 meter detail van de pan sensor. De combinatie is mogelijk omdat de beide sensoren hetzelfde spectrale bereik hebben (tabel 3).

Na deze bewerking bevat de Ikonos opname de 4 spectrale informatie lagen met een detail van 1 meter. Voor de interpretatie van de opname kan deze op twee manieren op het beeldscherm of op papier afgebeeld worden. De eerste manier is als true-color waarbij de RGB informatielagen in rood groen en blauw afgebeeld wordt. De tweede manier is als false-color waarbij de informatie uit de IR laag als rood afgebeeld wordt, de R laag als groen en de G laag als blauw. True-color ziet er uit als een gewone kleurenfoto, bij false-color zijn alle weergavekleuren veranderd, heel herkenbaar is nu de vegetatie die in roodtinten zichtbaar is en bebouwd gebied dat in blauwtinten zichtbaar is.



Figuur 4 Voorbeeld van een pan, true-color en een false-color weergave (1 m detail)

De false-color weergave is het meest geschikt om vegetatie te kunnen onderscheiden. Objecten als bomen, bosjes, grasvelden en ook waterlopen, huizen en tuinen zijn goed te herkennen op de Ikonos opname. Een aantal voorbeelden hiervan worden in figuur 5, 6 en 7 weergegeven. In het satellietbeeld is de standplaats van waaruit de foto van een object gemaakt is aangegeven. Hiermee kan een indruk verkregen worden hoe een herkenbaar object op het satellietbeeld weergegeven wordt.



ikonos falsecolor image



1 : straat met brede bomen



2 : straat met smalle bomen



3 : bomen met verschil in kroondichtheid



4 : bomen met verschil in kroondichtheid

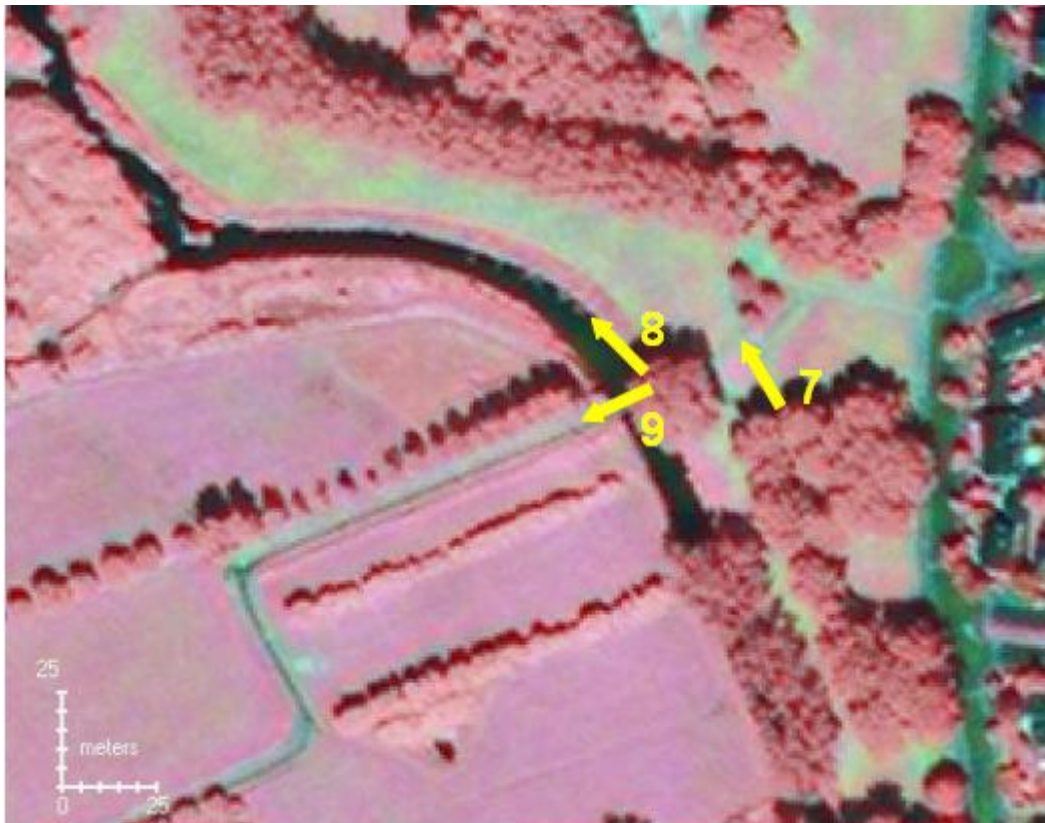


5 : grasveld met bomen



6 : rozenperk op kale grond

Figuur 5 Herkenbaarheid van object op een Ikonos opname met ter vergelijking in het veld opgenomen foto's



ikonos falsecolor image



7 : plantsoen met bomenrand



8 : waterloop met overbegroeiing



9 : pad met bomenrij en riet

Figuur 6 Herkenbaarheid van object op een Ikonos opname met ter vergelijking in het veld opgenomen foto's



ikonos falsecolor image



10 : verharding met veel begroeiing



11 : verharding met weinig begroeiing



12 : verwilderde open begroeiing



13 : verwilderde open begroeiing

Figuur 7 Herkenbaarheid van object op een Ikonos opname met ter vergelijking in het veld opgenomen foto's

Georeferentie

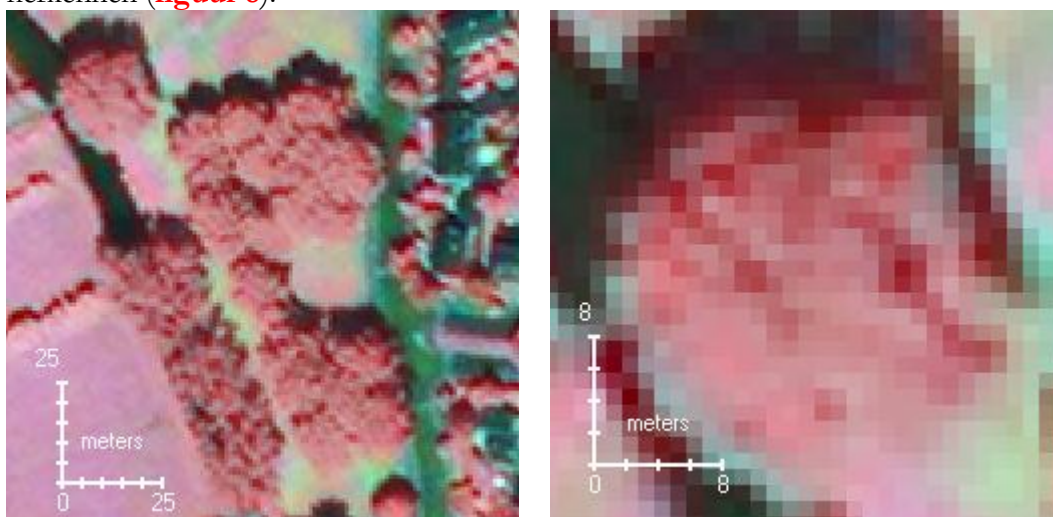
Om de Ikonos opname met andere beschikbare informatie als digitale topografische kaart (Top10Vector - Topografische Dienst Nederland, 1998) te kunnen vergelijken moet de opname eerst van dezelfde georeferentie voorzien worden. In Nederland wordt hiervoor het Rijksdriehoekstelsel (RD-stelsel) gebruikt.

Ook hiervoor wordt beeldverwerkingssoftware gebruikt (ERDAS Inc, 1994). Via het aanwijzen van overeenkomstige paspunten in de Ikonos opname en de Top10Vector is de opname van Eindhoven in het RD-stelsel ingepast.

4.1.2.2 Van satellietbeeld naar informatie.

Binnen dit project wordt het geselecteerde satellietbeeld gebruikt om actuele informatie over het grondgebruik te verzamelen die in combinatie met andere gegevens gebruikt kan worden om de biotoopstructuur van het stedelijk gebied te beschrijven. Het satellietbeeld levert hierbij aanvullende informatie die via andere bronnen niet beschikbaar is. Getracht is om vooral actuele en gedetailleerde informatie over de vegetatie van het gebied te verzamelen. Na een eerste verkenning van het satellietbeeld van Eindhoven is een legenda met drie klassen opgesteld. Het betreft de klassen onbegroeid, lage begroeiing en opgaande begroeiing.

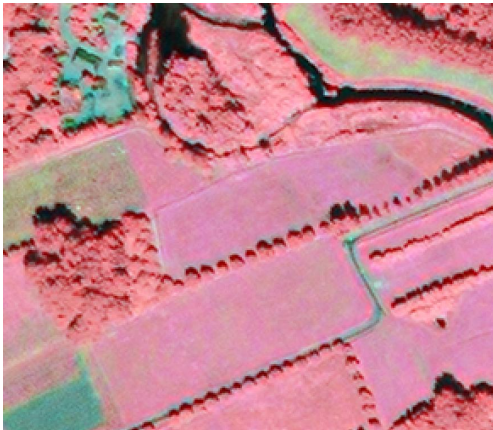
Op het satellietbeeld is veel informatie goed met behulp van het menselijk oog te herkennen. Objecten als bomen, bosjes, huizen, wegen e.d. zijn goed herkenbaar maar niet als zodanig in het satellietbeeld opgenomen. Dit wordt duidelijk als het satellietbeeld in detail wordt bekeken. Als het satellietbeeld uitgevergroot wordt worden de afzonderlijke beeldelementen zichtbaar waaruit het satellietbeeld is opgebouwd. Eén beeldelement van het gebruikte satellietbeeld bevat alleen informatie over een stukje van 1 bij 1 meter van het aardoppervlak. De relatie met de omgeving ontbreekt volledig. Nu zijn de objecten die eerst goed herkenbaar waren niet meer als zodanig te herkennen (**figuur 8**).



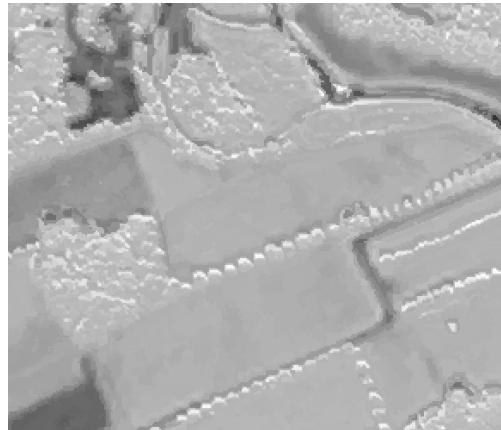
Figuur 8 Herkenbaarheid van bomen op het Ikonos-satellietbeeld. Links zijn bomen duidelijk te herkennen. Rechts is de boom niet meer duidelijk te herkennen, de boom wordt gevormd door een verzameling beeldpunten met verschillende roodtinten

Een oplossing voor de genoemde problematiek is om informatie, die in het beeldelement zit opgeslagen, op een specifieke manier te gebruiken om onderscheid te maken tussen onbegroeid en begroeid. Hierbij wordt gebruikt gemaakt van de zogenaamde vegetatieindex, NDVI (Lillesand and Kieffer, 1994). Dit is een veelgebruikte index die berekend wordt uit de informatie in de rode en infrarode spectrale banden (tabel 3, figuur 9).

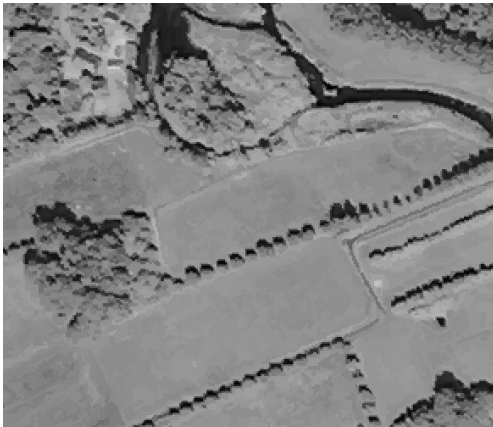
Onderscheid tussen verschillende typen begroeiing (laag en opgaand) kan echter niet gemaakt worden. Het satellietbeeld bevat namelijk geen hoogte-informatie. Toch is het verschil tussen lage en opgaande begroeiing wel op het satellietbeeld wel zichtbaar. Een gebied met lage begroeiing heeft een egale kleur terwijl een gebied met opgaande begroeiing herkenbaar is aan een variatie van kleurtinten en ook schaduw bevat. Bij het classificatieproces wordt van deze kenmerken gebruik gemaakt. Voor de classificatie is gebruik gemaakt van het softwarepakket eCognition (Definiens-Imaging, 2004). Een belangrijk voordeel van deze software is de mogelijkheid om de beeldelementen van een satellietbeeld om te zetten in objecten. Een object is hierbij een verzameling van beeldelementen die aan bepaalde criteria voor kleur en homogeniteit voldoen. In elk object wordt informatie opgeslagen over o.a. de gemiddelde kleur, de vorm, homogeniteit, contrast en helderheid. Op basis van deze informatie is de classificatie uitgevoerd. Vooral de informatie over kleur en contrast is geschikt om het onderscheid tussen de drie gewenste klassen, onbegroeid, lage begroeiing en opgaande begroeiing, te maken (Haralick et al, 1973).



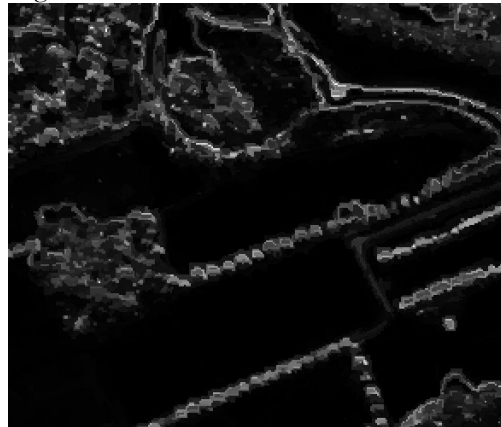
kleur



vegetatie index



helderheid

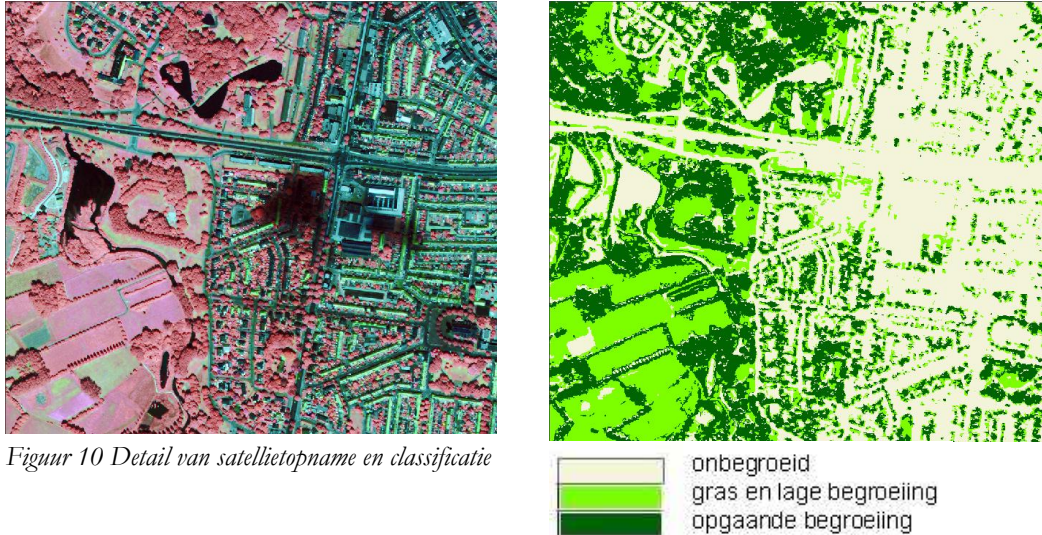


contrast

Figuur 9. Binnen eCognition berekende basisinformatielagen die bij de classificatie gebruikt zijn grijswaardeschaal gaat van zwart (laag) naar wit (hoog).

4.1.2.3 Resultaat, validatie en betrouwbaarheid beeld.

Figuur 10 laat het resultaat van de uitgevoerde classificatie zien. Het satellietbeeld is nu omgezet in thematische informatie met een indeling in drie klassen.



Figuur 10 Detail van satellietopname en classificatie

Bewolkte gebieden zijn foutief als onbegroeid geïdentificeerd, hier ontbreekt de benodigde beeldinformatie om de classificatie uit te voeren. Gebieden die door schaduw bedekt worden zijn als foutief als onbegroeid geïdentificeerd. De schaduwplekken bevatten nog wel informatie maar hiervoor moet een aparte classificatie worden uitgevoerd.

Het verkregen classificatie resultaat is vervolgens door middel van het uitvoeren van een steekproef gevalideerd. Voor de validatie van het resultaat zijn per klasse 75 validatiepunten getrokken. Hierbij zijn de bewolkte gebieden en gebieden met schaduw niet meegenomen. Voor elk validatie punt is op het satellietbeeld visueel de referentieklaas bepaald. In het algemeen zijn de klassen op het satellietbeeld visueel goed te herkennen, voor de punten waar dit niet het geval was is in het veld de referentie klasse bepaald. Uit de validatiecijfers blijkt dat een gemiddelde nauwkeurigheid van 93% wordt gehaald.

foutenmatrix

klasse	referentie : visuele beoordeling satellietbeeld			totaal
	onbegroeid	opgaande begroeiing	lage begroeiing	
onbegroeid	70	2	1	73
opgaande begroeiing	0	70	5	75
lage begroeiing	3	7	65	75
totaal	73	79	71	223

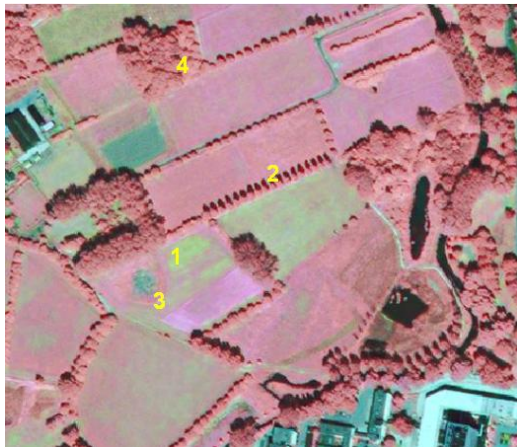
nauwkeurigheid

	referentie totaal	geclassificeerd totaal	aantal juist geclassificeerd	nauwkeurigheid	betrouwbaarheid
onbegroeid	73	73	70	96%	96%
opgaande begroeiing	79	75	70	89%	93%
lage begroeiing	71	75	65	92%	87%
totaal	223	223	205		
gemiddelde nauwkeurigheid				93%	

tabel 2, foutenmatrix

Type fouten

De fouten matrix in tabel 2 laat zien tussen welke klassen de misclassificaties optreden. In figuur 11 worden een aantal van deze misklassificaties toegelicht.



ikonos falsecolor image

misclassificatie 1

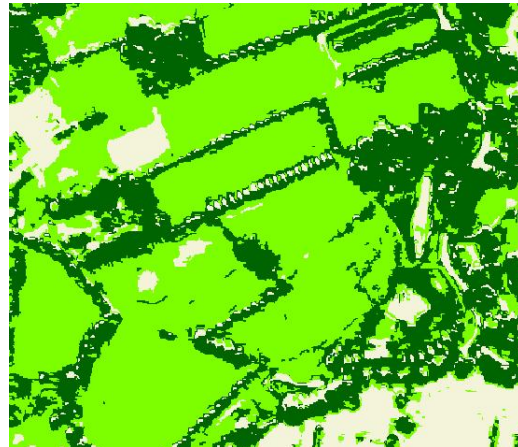
onbegroeid \leftrightarrow lage begroeiing

reden : tussen deze klassen treedt verarring op omdat de grens tussen deze klassen niet duidelijk is. (bijvoorbeeld droge plekken in het gras)

misclassificatie 3

opgaande begroeiing \rightarrow lage begroeiing

reden : perceelsgrenzen en andere relief achtige structuren worden geclassificeerd als opgaande begroeiing



classificatie

misclassificatie 2

onbegroeid \rightarrow opgaande begroeiing

reden : schaduwranden van opgaande begroeiing worden geclassificeerd als onbegroeid

misclassificatie 4

lage begroeiing \rightarrow opgaande begroeiing

reden : egale boomstructuren worden geclassificeerd als lage begroeiing

Figuur 11 Toelichting op geconstateerde misclassificaties

5 Toepassingen van modellen, een stedelijke begroeiingstypologie en het gebruik van satellietbeelden voor het beschrijven van stadsecologische processen

5.1 Gebruik van ruimtelijk model LARCH

Het expertsysteem Larch (Landschapsecologische Analyse en Ruimtelijke Configuratie van Habitat) is oorspronkelijk ontwikkeld voor het beoordelen van de ruimtelijke samenhang en de duurzaamheid van broedvogelpopulaties op landelijke schaal (Reijnen et al. 2001). In de urbane context is een landelijke analyse gemaakt op basis van LARCH door Foppen et al. (1999). De ontwikkeling van het model gaat steeds meer in de richting van een “toolbox voor ruimtelijke analyses van een landschap” (Pouwels 2000), waarbij de toepassing in het stedelijk gebied inmiddels ter hand is genomen (Snep et al. 2001).

LARCH wordt gevoed met een aantal basisgegevens:

- kaart van begroeiingstypen
- soortparameters

De toepassing en de bruikbaarheid van LARCH in het stedelijk gebied roept evenwel de nodige vraagtekens en methodische hobbels op ten aanzien van deze basisgegevens:

1. Wat willen de gebruikers:
 - - eisen en wensen
2. Inhoudelijk onderbouwing ten behoeve van een geformaliseerde begroeiingstypologie:
 - - vegetatiekundige onderbouwing (Schaminée et al)
 - - onderhoud/kwaliteit stedelijk groen ic beheer stedelijk groen
 - - inventarisatie en afgrenzingsproblematiek van eenheden; er is sprake van het veelvuldig optreden van fijnkorrelige habitatcomplexen
 - - door de grote dynamiek in het grondgebruik is het nodig een begroeiingstypenkaart snel en efficiënt te kunnen actualiseren; remote sensing mogelijkheden
3. Inhoudelijke check op soortparameters:
 - - mogelijkheden LARCH
 - - gevoeligheidsanalyse diverse parameters
 - - invloed stadslandschap op soortparameters
 - - regionaliseren parameters
4. Samenvatting van analyses op soortniveau tot kwaliteitsmaten
 - aansluiting zoeken bij bestaande kwaliteitsindexen of biodiversiteitsmaten
 - nagaan van belevingsmaten

De gegevens op grond waarvan analyses met LARCH zullen worden uitgevoerd vallen uiteen in twee groepen:

- de (kaart van) begroeiingstypen
- de soortparameters

Wat betreft de toepassing van LARCH in het stedelijk gebied kan geconcludeerd worden dat voor beide groepen van gegevens (zie hierboven) het urbane habitat aanzienlijk afwijkt van die in het “buitengebied”. Dat betekent dat vanuit wetenschappelijk oogpunt de tot op heden gebruikte dataset voor LARCH niet zondermeer kan worden gebruikt voor analyses in het stedelijk gebied.

Daarnaast zijn de wensen van de gebruikers in het stedelijk gebied vaak anders getint. Vooral planning en beheer van stedelijk groen speelt een belangrijke rol bij de ontwikkelingen in het stedelijk gebied. Teneinde zinvol bij te kunnen dragen aan deze discussie vanuit populatie-dynamische overwegingen moeten begroeiingstypen en populatieparameters voor LARCH opnieuw tegen het licht worden gehouden en waar noodzakelijk geherdefinieerd.

5.2 Gebruik van stedelijke begroeiingstypologie

Zoals in de vorige paragraaf reeds geconcludeerd, is er behoefte aan een betere begroeiingstypologie van het stedelijk gebied. In hoofdstuk 3 is een aanzet gemaakt om de stedelijke biotopen structureel in te delen op basis van hun functie voor plant en dier. Het gaat hierbij om een eerste indeling, die verder uitgewerkt dient te worden en die zich in de praktijk dient te bewijzen.

5.3 Voordelen van het gebruik van satellietbeelden in het stedelijk gebied

Bestaande geo-databases als Top10Vector bevatten geen gedetailleerde informatie over het groen in het stedelijk gebied. In gemeentelijke geo-databases is meer gedetailleerde informatie aanwezig maar hiervoor bestaat geen landelijke standaard. Dit bemoeilijkt het gebruik van deze informatie binnen geautomatiseerde analyseprocessen als dat van Larch-stad, het proces moet afgestemd worden op de beschikbare informatie voor een specifieke gemeente of stad. Uit satellietbeelden kan informatie over het groen in een stedelijke omgeving wel op een uniforme wijze verkregen worden. Het detail van 1 meter levert voldoende informatie op voor het gewenste proces. In figuur 12 is het schil in “groen” tussen Top10Vector en informatie uit het satellietbeeld duidelijk te zien. Dit wordt natuurlijk ook veroorzaakt door een verschil in doelstelling. Voor Top10Vector zijn topografische grenzen belangrijk, bijvoorbeeld wegen. Voor Larch-stad zijn de bomen naast en de boomkruinen boven deze wegen belangrijk.



ikonos falsecolor image



Top10Vector



onbegroeid
 gras en lage begroeiing
 opgaande begroeiing

classificatie resultaat

Bebouwing		Grondgebruik	
[Grey]	bebouwing	[Light Green]	loofbos
[Brown]	kas/warenhuis	[Dark Green]	naaldbos
Infrastructuur		[Medium Green]	gemengd bos
[Purple]	autosnelweg	[Light Green]	griend
[Red]	hoofdweg	[Light Green]	bouwland
[Orange]	regionale weg	[Light Green]	grasland
[Yellow]	lokale weg	[Light Green]	populierenopstand
[Grey]	ged. verhard / onverhard	[Light Green]	boomgaard
[Yellow]	fietspad	[Light Green]	fruitwekerij
[White]	overige weg of straat	[Light Green]	boomkwekerij
Water		[Light Green]	heide
[Red]	dok	[Light Green]	zand
[Brown]	steiger	[Light Green]	begraafplaats
[Dark Grey]	steenglooiing / krib	[Light Green]	overig gebruik
[Blue]	water		
[Light Blue]	dras en riet		
[Dark Blue]	droogvallende grond		

legenda Top10vector

Figuur 12 Groen in de stad volgens satellietbeeld en Top10Vector

Verder geldt :

- De kwaliteit, prijs, resolutie en update -frequentie van satellietbeelden is de laatste jaren dermate verbeterd, dat voor gebruik op gemeentelijk niveau de concurrentie met luchtfoto's kan worden aangegaan.
- Er wordt geen onderscheid maken tussen bijv. gemeentelijk en privaat groen, ook de tuinen achter de huizen worden geassocieerd.
- Satellietbeelden met infra-rood informatie zijn geschikt om het verschil tussen begroeid en niet-begroeid te kunnen maken.
- Opnamen met een detail van 1 meter bevatten informatie waarmee het onderscheid gemaakt kan worden tussen lage en opgaande begroeiing.

De ontwikkelde classificatie methode is een eerste aanzet tot een eenduidige classificatie van groen in het stedelijk gebied. De classificatiemethode is overdraagbaar naar satellietbeelden van andere gebieden maar de classificatieparameters zullen per gebied moeten worden aangepast. Dit is ook afhankelijk van de kwaliteit van het satellietbeeld. Een opname van de satelliet blijft

afhankelijk van de weersomstandigheden, wolken en sluibewolking maken (delen van) het satellietbeeld onbruikbaar voor classificatie. Ook het seizoen waarin een opname gemaakt is, is bepalend voor het eindresultaat. Als er geen blad aan de bomen zit kunnen deze ook niet als 'groen' geïdentificeerd worden.

Een kosten-baten analyse met bijvoorbeeld het inwinnen van de informatie door middel van veldwerk is niet direct te maken. Wel is de inschatting te maken dat het gebruik van satellietbeelden goedkoper is dan uitvoeren van veldwerk. De kosten van een satellietbeeld van 10 bij 10 km liggen tussen de 3000 en 5000 euro, de classificatie kan in 1 a 2 weken uitgevoerd worden. Dezelfde informatie verzamelen via veldwerk zal meer kosten.

Literatuur

- Bal, D., H.M. Beije, M. Fellingner, R. Haveman, A.J.F.M. van Opstal & F.J. van Zadelhoff. 2001. Handboek Natuurdoeltypen. Tweede geheel herziene editie. Expertisecentrum LNV, Wageningen.
- Buit, A & J. van Kuijk. 1998. Habitatmodellering. Eerste rapportage. Intern rapport IBN-DLO afdeling Landschapsecologie. Wageningen. 61 pag.
- Bundesamt für Naturschutz. 2002. Systematik der Biotoptypen- und Nutzungstypenkartierung (Kartieranleitung). Standard-Biotoptypen und Nutzungstypen für die CIR-Luftbild-gestützte Biotopen- und Nutzungstypenkartierung für die Bundesrepublik Deutschland. Schriftenreihe für Landschaftspflege und Naturschutz. Heft 73. Bonn. 169 pag.
- Definiens-Imaging, 2004. eCognition User Guide, Vol 4. Definiens Imaging GmbH. München.
- Denters, T. 1998. De flora van het Urbaan District. *Gorteria* 25 (4): 65-76.
- ERDAS Inc, 1994. ERDAS Field Guide. Atlanta.
- Fernández-Juricic, E. 2000. Effects of human disturbance on spatial and temporal feeding patterns of Blackbird *Turdus merula* in urban parts in Madrid, Spain. *Birdstudy* 47, 13-21.
- Foppen, R, R. Reijnen, M. de Heer & H. Sierdsema 1999. Ruimtelijke kansrijkdom in stedelijke gebieden. Potenties voor duurzame vogelpopulaties afhankelijk van ruimte en kwaliteit, exercities met een expertmodel. *Groen* (mei 1999): 42-49.
- Goode, D.A. 1999. Habitat survey and evaluation for nature conservation in London. *Deinsea – Jaarbericht van het Natuurmuseum Rotterdam - 5*: 27-39.
- Haralick, R.M., Shanmugan, K., and Dinstein, I. 1973. Textural features for image classification. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, Vol. 3, No. 6 pp. 610-621.
- Kwak, R.G.M., L.A.F.Reyrink, P.F.M. Opdam & W. Vos. 1988. Broedvogeldistricten van Nederland. Een ruimtelijke visie op de Nederlandse avifauna. Pudoc, Wageningen.
- Lillesand, T.M. and Kiefer, R.W., 1994. *Remote Sensing and Image Interpretation*, Third edition, Wiley & Sons, New York
- Londo, G. 1997. *Natuurontwikkeling. Bos- en Natuurbeheer in Nederland Deel 6*. Backhuys Publishers, Leiden.
- Maarel, E. van der & P.L. Dauvellier. 1978. Naar een Globaal Ecologisch Model voor de ruimtelijke ontwikkelingen in Nederland. Deel 1 en 2. Studierapporten Rijks Planologische Dienst nr. 9. Ministerie van VROM, 's-Gravenhage. 314 + 166 pag. In Londo 1977.
- Mennema, J, A.J. Quené-Boterenbrood & C.L. Plate. 1985. *Atlas van de Nederlandse Flora. 2. Zeldzame en vrij zeldzame planten*. Bohn, Scheltema & Holkema, Utrecht.
- Miller, J.R., Hobbs, R.J., 2002. Conservation Where People Live and Work. *Conservation Biology* 16 (2), 330-337.
- Pouwels, R. 2000. LARCH: een toolbox voor ruimtelijke analyses van een landschap. *Alterra-rapport 043*. Wageningen. 47 pag.

- Reijnen, R., R. Foppen & G. Veenbaas 1997. Disturbance by traffic of breeding birds: evaluation of the effect and considerations in planning and managing road corridors. *Biodiversity and Conservation* 6: 567-581.
- Reijnen, R., R. Jochem, M. de Jong, M. de Heer & H. Sierdsema. 2001. LARCH vogels nationaal. Een expertsysteem voor het beoordelen van de ruimtelijke samenhang en de duurzaamheid van broedvogelpopulaties in Nederland. Alterra-rapport 235. Wageningen. 63 pag.
- Reumer, J.W.F. & M. Epe. 1999. Biotope mapping in Rotterdam, the background of a project. *Deinsea – Jaarbericht van het Natuurmuseum Rotterdam - 5*: 1-8.
- Schaminée, J.H.J., A.H.F. Stortelder & E.J. Weeda. 1996. De Vegetatie van Nederland- Deel 3. Plantengemeenschappen van graslanden, zomen en droge heiden. Opulus Press, Uppsala, Leiden.
- Schaminée, J.H.J., E.J. Weeda & V. Westhoff. 1998. De Vegetatie van Nederland- Deel 4. Plantengemeenschappen van de kust en van binnenlandse pioniermilieus. Opulus Press, Uppsala, Leiden.
- Sluis, T. van der. 1999. Gidssoorten voor steden – een verkenning. IBN-Rapport 408, IBN-DLO, Wageningen. 27 p.
- Snep, R.P.H., R.G.M. Kwak, H. Timmermans & W. Timmermans 2001. Landschapsecologische analyse van het Rotterdamse havengebied. LARCH-scenariostudie naar natuurpotenties van braakliggende terreinen en leidingstroken. Alterra-rapport 231. Wageningen. 79 pag.
- Snep, R.P.H., P.F.M. Opdam, J.M. Baveco, M. WallisDeVries, W. Timmermans, R.G.M. Kwak and V. Kuypers (in press). How peri-urban design can improve nature quality within cities: a modeling approach. *Biological Conservation*.
- Timmermans, H, R. Snep & G. Dirkse. 2000. Begroeiingstypering in het stedelijk gebied. Indeling van begroeiingstypen gericht op het gebruik voor het ruimtelijk expertsysteem LARCH binnen het stedelijk gebied. Intern rapport Alterra, Afdeling Ecologie & Ruimte, team Stad & Land. Wageningen. 29 pag.
- Topografische Dienst Nederland, 1998. Productbeschrijving TOP10Vector. TDN, Emmen
- Weeda, E.J., R. Westra, Ch. Westra & T. Westra. 1985. Nederlandse Ecologische Flora – Wilde planten en hun relaties 1. IVN, Amsterdam.
- Weeda, E.J., R. Westra, Ch. Westra & T. Westra. 1994. Nederlandse Ecologische Flora – Wilde planten en hun relaties 5. IVN, Amsterdam.