Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu

Openheid van het landschap

Berekeningen met het model ViewScape

| WOt-technical report 44

H.A.M. Meeuwsen & R. Jochem

WAGENINGEN UR
For quality of life

Openheid van het landschap

Dit Technical report is gemaakt conform het Kwaliteitshandboek van de unit Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu.

De reeks 'WOt-technical reports bevat onderzoeksresultaten van projecten die kennisorganisaties voor de unit Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu hebben uitgevoerd.

WOt-technical report 44 is het resultaat van een onderzoeksopdracht van het Planbureau voor de Leefomgeving en gefinancierd door het Ministerie van Economische Zaken (EZ). Dit onderzoeksrapport draagt bij aan de kennis die verwerkt wordt in meer beleidsgerichte publicaties zoals Natuurverkenning, Balans van de Leefomgeving en andere thematische verkenningen.

Openheid van het landschap

Berekeningen met het model ViewScape

H.A.M. Meeuwsen & R. Jochem

Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu
Wageningen, oktober 2015

WOt-technical report 44
ISSN 2352-2739

WAGENINGEN UR
For quality of life

Referaat
Meeuwsen, H.A.M. & R. Jochem (2015). *Openheid van het landschap; Berekeningen met het model ViewScape.* Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu, Wageningen UR. WOt-technical report 44. 89 blz.; 40 fig.; 6 tab.; 8 ref; 7 Bijlagen.

Op verzoek van het Planbureau voor de Leefomgeving (PBL) heeft Alterra Wageningen UR de methode om de openheid van het landschap te berekenen vernieuwd. Het model Viewscape dat op basis van zichtlijnen de oppervlakte zichtbaar landschap berekent, is daartoe aangepast, getest en gevalideerd. Er is een methode ontwikkeld die topografische informatie bewerkt tot een basiskaart voor het model dat rekening houdt met reliëf. In de basiskaart worden bomenrijen als ondoorzichtige elementen meegenomen, maar een toekomstige nuancering op dit punt is wenselijk. Bij het reliëf lag de uitdaging in het negeren van flauwe hellingen. Uit de validatie bleek dat de oppervlaktes van grotere open ruimten goed konden worden berekend, maar structureel iets worden onderschat. De oppervlakte van het zichtbare deel van het landschap blijkt een goede maat te zijn voor de openheid ervan. De verbeterde versie van ViewScape (3.0) is gebruikt om met een resolutie van 100 meter die oppervlakte landsdekkend te berekenen. Het resultaat voldoet aan de verwachtingen van het PBL. Het is nog wel de vraag of de topografische informatie betrouwbaar genoeg is om de openheid te kunnen monitoren aangezien een onbekend deel van de veranderingen op de kaart niet voortkomt uit veranderingen in het veld, maar uit verbeterde kartering.

Trefwoorden: landschap, openheid, zichtbaarheid, zichtlijnen, viewshed, ViewScape

Abstract
Meeuwsen, H.A.M. & R. Jochem (2015). *Landscape openness: Calculations using the ViewScape model*. The Statutory Research Tasks Unit for Nature & the Environment (WOT Natuur & Milieu) - Wageningen UR. WOt-technical report 44. 89 p.; 40 Figs; 6 Tabs; 8 Refs; 7 Annexes.

At the request of PBL Netherlands Environmental Assessment Agency, Alterra Wageningen UR has developed a new method for calculating landscape openness using the ViewScape model, which calculates the visible area of the landscape from sightlines. The model has been modified, tested and validated. A method has been developed for processing topographic information to create a base map for the model that incorporates relief. The base map includes rows of trees as opaque elements, but a refinement of this would be desirable in future. When incorporating relief the challenge was to get the model to ignore shallow inclines. The validation showed that the areas of larger open spaces could be calculated well, but were consistently slightly underestimated. The area of the visible part of the landscape is a good indicator of landscape openness. The improved version of ViewScape (3.0) was used to calculate the area of the visible landscape across the whole country with a resolution of 100 metres. The result meets the expectations of PBL. It has not yet been demonstrated that the topographical information is reliable enough to be able to monitor landscape openness because an unknown proportion of the changes on the map are not derived from changes in the field, but from the improved mapping.

Keywords: landscape, openness, visibility, sightlines, viewshed, ViewScape

WOt-technical report 44 is een uitgebreide versie van WOt-werkdocument 281 uit 2011.

© 2015 **Alterra Wageningen UR**
Postbus 47, 6700 AA Wageningen
Tel: (0317) 48 07 00; e-mail: info.alterra@wur.nl

De reeks WOt-technical reports is een uitgave van de unit Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu, onderdeel van Wageningen UR. Dit report is verkrijgbaar bij het secretariaat. De publicatie is ook te downloaden via www.wageningenUR.nl/wotnatuurenmilieu.

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

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

Woord vooraf

In dit WOT-technical report wordt een in 2011 ontwikkelde methode behandeld om de openheid van het landschap te berekenen. Daarvoor werd tot nu toe het model KELK gebruikt dat ontwikkeld is door Janneke Roos Klein-Lankhorst. In de beginfase van de vernieuwde openheidsberekening is Janneke projectleider geweest. Samen hebben we uitgebreid nagedacht over de mogelijkheden om de openheidsberekening te verbeteren zowel binnen KELK als met het nieuw ontwikkelde model ViewScape. Daarbij hebben we veel gehad aan Jannekes inzet en jarenlange ervaring op dit gebied. Verder zijn we Gerd Weitkamp (AIO, Centrum voor Geo-informatie, Alterra Wageningen UR) en Maarten Piek en Marnix Breedijk (Planbureau voor de Leefomgeving) dankbaar voor het met ons meedenken in de beginfase van het project.

Dit document is een uitgebreide versie van WOt-werkdocument 281.

Henk Meeuwsen en René Jochem

Inhoud

Woord vooraf **5**

Samenvatting **9**

Summary **11**

1 Inleiding **13**

2 Methode en technieken **15**

2.1 ViewScape 15
2.1.1 Werking 15
2.1.2 Input 16
2.1.3 Output 16
2.2 Basisbestanden voor berekening openheid 17
2.2.1 Resolutie 17
2.2.2 Basiskaart grondgebruik 17
2.2.3 Criteria basiskaart grondgebruik 19
2.2.4 Controle basiskaart grondgebruik 21
2.2.5 Basiskaart Terreinhoogte 23

3 Resultaten **27**

3.1 Inleiding 27
3.2 Berekende indicatoren 27
3.2.1 Zichtbare oppervlakte 27
3.2.2 Langste zichtlijn 30
3.2.3 Kortste zichtlijn 32
3.2.4 Kleinste afstand 34
3.2.5 Toepassingsgebied en beperkingen 35
3.3 Legenda zichtbare oppervlakte 36
3.3.1 Enquête 36
3.3.2 Analyse 37
3.4 Vergelijking met KELK 39

4 Gevoeligheid en validatie **43**

4.1 Gevoeligheid 43
4.1.1 Betrouwbaarheid TOP10 43
4.1.2 Basiskaart grondgebruik 44
4.1.3 Basiskaart terreinhoogte 48
4.1.4 ViewScape 48
4.1.5 Conclusie 52
4.2 Controle output en validatie 53
4.2.1 Visuele controle zichtbaar landschap met reliëf 53
4.2.2 Methodes voor validatie 55
4.2.3 Validatie op basis van hogere resolutie 56
4.2.4 Resultaten bij hogere resolutie 57
4.2.5 Validatie op basis van vectoren 59
4.2.6 Conclusie visuele controle en validatie 61
4.3 Samenvatting van de verificatie, het testen, de validatie en de gevoeligheidsanalyse 62

5 Conclusies en aanbevelingen **65**

Geraadpleegde literatuur **67**

Verantwoording **69**

Bijlage 1 Topografische grondgebruikstypen VIRIS 71

Bijlage 2 Bruikbaarheid grondgebruikstypen VIRIS 73

Bijlage 3 Tekst enquête halfopen landschap 75

Bijlage 4 Opties voor validatie 77

Bijlage 5 Stroomschema 81

Bijlage 6 Metadata bestanden openheidskaart 83

Bijlage 7 Metadata testbestanden en validatie 85

Samenvatting

Het Planbureau voor de Leefomgeving (PBL) gebruikt diverse indicatoren om de toestand van het Nederlandse landschap te beschrijven. Een daarvan is de mate van openheid. Tot nu toe werd die berekend met het model KELK (Kennismodel Effecten Landschap Kwaliteit) op basis van de hoeveelheid opgaande elementen in cellen van 250 bij 250 meter (Farjon *et al.*, 2004). De resultaten van KELK zijn echter niet zo gedetailleerd, met name in de meer open gebieden en houden geen rekening met reliëf. Daarnaast blijkt de classificatie van besloten naar open gebieden in zeven klassen moeilijk te onderbouwen. PBL heeft behoefte aan gedetailleerdere openheidskaarten waarin rekening is gehouden met reliëf.

Model ViewScape
Het op Alterra Wageningen UR ontwikkelde model ViewScape leek een groot deel van de bezwaren van KELK weg te kunnen nemen. Het berekent welk deel van het landschap daadwerkelijk kan worden gezien en kan worden toegepast op grote datasets. Bovendien is het model sneller en flexibeler inzetbaar dan zichtbaarheidsanalyses in standaard GIS-software. In dit project is gekeken naar de mogelijkheden van ViewScape bij het berekenen van de openheid van het landschap en welke aanpassingen er eventueel moeten worden gemaakt. De belangrijkste vraag daarbij was of de output inderdaad beter bruikbaar is dan die van KELK.

Zichtbaarheid landschap
Openheid van het landschap is een subjectief begrip en hangt van tal van factoren af. Uit een overzicht van literatuur blijkt dat de oppervlakte van het zichtbare deel van het landschap één van de beste indicatoren is voor de mate waarin mensen een landschap als open ervaren. Mede omdat deze maat eenvoudig te begrijpen valt, is bij het gebruik van ViewScape hierop de nadruk gelegd. ViewScape gaat vergeleken met andere software iets anders om met het begrip zichtbaar. Het model berekent de oppervlakte van het landschap dat vanuit een analysepunt kan worden overzien. Dit kan inhouden dat in bepaalde gevallen de bodem zelf niet zichtbaar is, zoals bij een van de kijker af gerichte helling van een heuvel waar overheen gekeken kan worden. Ook een naar de kijker toe gerichte flauwe helling omhoog wordt niet als zicht belemmerend opgevat.

Input model
Het detailniveau van de output van ViewScape wordt bepaald door de input en het aantal analysepunten dat wordt aangeboden. Voor dit project bestond de input van ViewScape uit een grondgebruiksbestand en een terreinhoogtebestand. Voor het eerste bestand is een script geschreven dat op basis van het op Alterra ontwikkelde VIRIS-bestand (thematisch verrasterde topografische informatie met een resolutie van 25 meter) een ruimtelijk bestand genereert. Daarin wordt onderscheid gemaakt tussen cellen met en zonder opgaande elementen. Er is een set van criteria en bewerkingen ontwikkeld waarmee de ligging van opgaande elementen zo goed mogelijk wordt beschreven. Voor de terreinhoogte is gebruik gemaakt van het Actueel Hoogtebestand Nederland (AHN), al bleken daar een aantal nadelen aan te kleven. Watervlakken hebben geen hoogte en in een aantal gevallen is niet de terreinhoogte, maar de hoogte van een gebouw opgenomen. Het eerste probleem is voor een deel opgelost en het tweede probleem kan deels worden opgelost door een nabewerking op de output van ViewScape.

Het meenemen van het reliëf in de analyses had nog wat haken en ogen. Tegen een licht oplopend onbegroeid terrein stopt een zichtlijn al na enkele honderden meters terwijl het als open wordt ervaren. ViewScape is daarom zo aangepast dat pas vanaf een bepaalde hoek tussen de top van de helling en het grondvlak het terrein als zicht belemmerend wordt beschouwd.

Gevoeligheid
De output van Viewscape is gevoelig voor diverse keuzes. We hebben onderzocht welke keuzes het meest bepalend zijn voor het eindresultaat. Wat het grondgebruik betreft is het effect van het wel of niet meenemen van bomenrijen zeer groot. Bomenrijen zijn weliswaar transparant, maar kunnen niet als zodanig worden getypeerd. We hebben ze als ondoorzichtig in de basiskaart opgenomen. Ook de resolutie van de basiskaart is bepalend voor de uitkomst. Hoe hoger de resolutie des te nauwkeuriger de ligging van opgaande elementen kan worden beschreven en de zichtbare oppervlakte kan worden berekend. Uit een analyse met 2880 zichtlijnen in een deelgebied van Nederland met een resolutie van 5 meter bleek de oppervlakte van grotere open ruimten tot wel 50% groter te zijn. Toch lijkt ons dit geen probleem. Een deel van de extra oppervlakte zit achter doorkijkjes en het is de vraag of die extra ruimte ook daadwerkelijk wordt ervaren.

Landsdekkende analyse
In dit project is ViewScape uitgevoerd op een grondgebruikskaart van heel Nederland met een resolutie van 25 meter. De analysepunten lagen in een regelmatig patroon van 100 bij 100 meter (ruim 4,5 miljoen punten). Voor elk analysepunt is de oppervlakte van het zichtvlak, de langste zichtlijn, de kortste zichtlijn en de kortste afstand tot een opgaand element berekend. De kaart met de oppervlakte zichtbaar landschap heeft een veel groter detailniveau dan de KELK-kaarten. We hebben gekeken of de zichtbare oppervlakte te schalen is naar de mate van openheid, maar dat bleek niet mogelijk binnen de ruimte in dit project.

Conclusie
Uit dit project hebben we geleerd dat ViewScape een flexibel model is waarmee het goed mogelijk is de openheid van het landschap te berekenen in de vorm van de oppervlakte van het zichtbare deel ervan. De resolutie van 25 meter voor de input en 100 meter voor de output zijn goed werkbaar voor landsdekkende analyses. De invloed van bomenrijen op de uitkomst van de analyses is zo groot dat we zouden moeten zoeken naar een methode waarin hun transparante karakter meer tot zijn recht komt. ViewScape-analyses waarbij rekening gehouden wordt met het reliëf zijn nog niet gevalideerd, wat wel zou moeten. Tot slot is gebleken dat de topografische informatie die aan de basis staat van de analyses nauwkeurig genoeg is om de openheid van het landschap mee te beschrijven maar (voorlopig) niet nauwkeurig genoeg om mee te monitoren. Bij monitoring komt de nadruk juist op verschillen te liggen en die kunnen naast veranderingen in het veld voor een aanzienlijk deel veroorzaakt worden door verbeteringen in de topografische bestanden.

Summary

The Netherlands Environmental Assessment Agency (PBL) uses a range of indicators to describe the state of the Dutch landscape. One of these is landscape openness. Until now this has been calculated using the KELK model ('knowledge model of effects on landscape quality'), based on the number of vertical elements in 250 x 250 metre cells (Farjon et al., 2004). However, the results obtained using KELK are not very detailed, especially in the more open areas, and do not take account of relief. Moreover, the gradation of seven classes from enclosed to open areas is hard to justify. PBL needs detailed landscape openness maps that take account of the relief.

ViewScape model
The ViewScape model developed at Alterra Wageningen UR appears to be able to rectify many of the inadequacies of the KELK model. It calculates what part of the landscape can actually be seen, it can be used to process large datasets, it processes the data faster, and it can be used for a wider range of applications than the visibility analyses in standard GIS software. This project investigated how ViewScape performed when calculating landscape openness and what adjustments, if any, need to be made to the model. The main question is whether the output is indeed of more practical value than that of KELK.

Landscape visibility
Landscape openness is a subjective concept and depends on numerous factors. A review of the literature revealed that the area of the visible part of the landscape is one of the best indicators of the degree to which people experience the landscape as open. That this indicator is easy to understand is one of the reasons it is given prominence in the model. ViewScape treats the concept of visibility rather differently from other software: it calculates the surface of the landscape that can be viewed from an analysis point. This means that in certain cases the land surface itself is not visible, such as the far slope of a hill situated within the area that can be overseen from the vantage point. A gentle slope upwards towards the vantage point is also not registered as obstructing the view.

Input model
The level of detail of the output from ViewScape is determined by the input and the number of analysis points. For this project the input to ViewScape consisted of a land use map and a terrain elevation map. For the first map a script was written that uses the VIRIS database developed by Alterra (a multiple layer raster set, containing thematic topographic information with a grid resolution of 25 metres) to generate a spatial database which distinguishes between cells with and without vertical elements. A set of criteria and operations were developed to describe the location of vertical elements as accurately as possible. For the terrain heights use was made of the Digital Elevation Model of the Netherlands (Actueel Hoogtebestand Nederland, AHN), although this does have two main disadvantages: areas of water have no height and in a number of cases the heights are of buildings, not the ground surface. The first of these problems has been partly resolved; the second problem can be partly corrected by post-processing the output.

Including relief in the analyses presented a number of difficulties. Sightlines across unobstructed gentle upward slopes came to an abrupt end after a few hundred metres, whereas these areas are experienced as open. To correct this, ViewScape was adjusted so that the view is judged to be obstructed only beyond a certain angle between the top of the slope and the ground plane.

Sensitivity
ViewScape's output is sensitive to a number of choices. We determined which choices have the most effect on the final result. Regarding land use, the inclusion or non-inclusion of rows of trees has a big effect on the results. Rows of trees may be transparent, but in the model they cannot be characterised as such. We included them on the base map as opaque. The resolution of the base map also affects the outcome. The higher the resolution, the more accurately the location of vertical elements can be

described and their visibility calculated. An analysis of a part of the Netherlands with 2880 sightlines at a resolution of 5 metres gave an outcome in which the surface areas of larger open spaces were up to 50% bigger than on the ground. Nevertheless, we do not consider this to be a problem as some of the additional surface is located behind small openings and these areas are unlikely to be perceived as part of the visible landscape.

National coverage

In this project ViewScape was run using a land use map of the whole of the Netherlands with a resolution of 25 metres. The analysis points were located in a regular pattern of 100 x 100 metres (more than 4.5 million points). For each analysis point calculations were made of the area of the visible surface, the longest sightline, the shortest sightline and the shortest distance to a vertical element. The map showing the area of visible landscape is much more detailed than the KELK maps. We checked whether it was possible to scale the visible surface according to the degree of openness, but this could not be achieved within the limitations of this project.

Conclusion

This project shows that ViewScape is a flexible model capable of calculating landscape openness expressed as the surface area of the visible part of the landscape. The input resolution of 25 metres and output resolution of 100 metres are acceptable for analyses covering the whole country. Rows of trees have such a big influence on the outcome of the analysis that we will have to find a method that better reflects the transparent characteristic of these elements in the calculations. We have yet to validate ViewScape analyses that take account of the relief. Finally, the topographic information that provides the basis for the calculations is accurate enough for analyses to describe landscape openness, but not yet accurate enough to monitor changes in landscape openness. Monitoring involves identifying differences, but many of these can be caused by improvements in the topographical databases rather than actual changes in the field.

1 Inleiding

Aanleiding
Het model KELK (Kennismodel Effecten Landschap Kwaliteit) wordt ingezet om de effecten van ruimtelijke ontwikkelingen op de kwaliteit van het landschap te modelleren. Eén van de aspecten van landschapskwaliteit is de openheid van het landschap. In grote delen van Noord- en West-Nederland komen van oudsher open gebieden voor, maar door uitbreiding van bebouwing en daarmee gepaard gaande beplantingen lijken ze steeds schaarser te worden. Tegelijkertijd lijken kleinschalige gebieden met veel lijnvormige beplantingen zeldzamer te worden als gevolg van schaalvergroting in de landbouw. Het Planbureau voor de Leefomgeving (PBL) heeft er daarom behoefte aan om de schaal van het landschap met voldoende nauwkeurigheid te kunnen berekenen zodat de openheid en kleinschaligheid van het Nederlandse landschap effectief kan worden gemonitord.

In de huidige versie van KELK wordt de schaal bepaald door (per gridcel van 250 x 250 m) oppervlakten van opgaande elementen te berekenen en deze in zeven klassen in te delen. De zeer open gebieden worden bepaald door de gemiddelde schaal te berekenen binnen een straal van 1500 m. Deze methode heeft een aantal nadelen:

- de rand van open gebieden direct grenzend aan bebouwing en/of beplanting worden niet tot open gebied gerekend;
- maatvoering van de open ruimten is onbekend en classificatie van besloten naar open landschappen verloopt niet volgens meetbare eigenschappen;
- reliëf kan niet worden meegenomen waardoor bijvoorbeeld de berekende openheid in Zuid-Limburg weinig realistisch is (om die reden is in de Monitor Nationale Landschappen nog geen indicator contrast open/gesloten opgenomen; zie CBS *et al.* (2009);
- de halfopen schaalklassen zijn weinig gedifferentieerd, zoals duidelijk werd bij de toepassing van KELK bij de invulling van kernkwaliteiten van nationale landschappen.

In 2009 is geprobeerd een snelle methode te ontwikkelen die de hiervoor genoemde nadelen opheft. Met een resolutie van 25 m zijn afstanden tot opgaande elementen geanalyseerd en met een aantal nabewerkingen daarop is een soort openheidskaart gegenereerd. De methode was erg snel, maar bleek alleen het eerste bovengenoemde punt op te lossen.

Alternatief voor Viewshed
Er bestaan al lange tijd rekenmethodes op basis van zichtlijnen (Bijv. de Viewshed-functie van ArcGIS) waarmee de openheid van het landschap kan worden berekend. Viewshed is onder andere door het toenmalige Ruimtelijk Planbureau (nu onderdeel van het PBL) toegepast in studies naar plattelandsontwikkeling en snelwegpanorama's (Piek, 2007; Daalhuizen *et al.*, 2008). Er kleven echter een aantal nadelen aan deze methode:

- de methode is erg langzaam en voor een groot aantal punten is het ondoenlijk/onmogelijk om Nederland landsdekkend te analyseren (4,5 miljoen punten voor een raster van 100 bij 100 meter);
- de software is niet aan te passen aan eigen wensen;
- de output is niet aan te passen aan eigen wensen;
- openheid en zichtbaarheid zijn twee verschillende dingen; bijvoorbeeld, het oppervlak achter een flauwe helling waar je overheen kunt kijken zal in een analyse met Viewshed als 'niet zichtbaar' worden aangemerkt, terwijl het weinig invloed heeft op de openheid.

Vanwege bovengenoemde nadelen is in 2008 door medewerkers van het team Ecologische Modellen en Monitoring van Alterra Wageningen UR een eigen Viewshed-analyse geprogrammeerd die de naam ViewScape heeft gekregen.

Doel van het onderzoek
Het was in 2008 al snel duidelijk dat de kans groot was dat het model ViewScape de nadelen van de openheidsanalyse van het model KELK grotendeels kon wegnemen. Hoofddoel van dit project is het onderzoeken of berekeningen aan de openheid van het landschap inderdaad met ViewScape kunnen worden verbeterd. ViewScape stond nog in de kinderschoenen en was niet uitvoerig getest en gevalideerd. Dit onderzoek diende derhalve meerdere subdoelen:

- output van KELK vergelijken met output van ViewScape;
- standaardiseren van de input van ViewScape, voor eventuele monitoringdoeleinden later;
- aanpassen van ViewScape zodat de output bruikbaar is om de openheid van het landschap te bepalen;
- aanpassen van ViewScape zodat rekening wordt gehouden met verschillen in terreinhoogte;
- testen van ViewScape;
- valideren van de output van ViewScape.

Openheid van het landschap
In het voortraject van dit onderzoek hebben we geworsteld met de term openheid. Het eerste doel was het bepalen van de openheid van het landschap zoals die door de passant/recreant wordt beleefd. Hierbij blijken een groot aantal zaken een rol te spelen:

- grootte van de ruimte;
- langste zichtlijn door de ruimte;
- vorm van de ruimte;
- kortste afstand tot de rand van de ruimte;
- hoogte van de begrenzing (hoe hoger hoe geslotener);
- aard van de begrenzing (kleur, strakheid, transparantie);
- grondgebruik in de ruimte (aanwezigheid van kleine opgaande elementen als bomen en hekken);
- positie van de waarnemer in de ruimte (dichterbij de begrenzing of verderaf);
- kijkrichting;
- eventuele snelheid waarmee de gebruiker zich voortbeweegt;
- richting waarin de gebruiker zich beweegt.

Het is onmogelijk een openheidskaart van Nederland te maken die met elk van deze zaken, die ook nog eens elk hun eigen gewicht hebben, rekening houdt. En dan hebben we het nog niet over de perceptie van de persoon die in het landschap staat; het zou leiden tot een unieke openheidskaart voor elk individu.

Als het om meetbare aspecten van de ruimte gaat heeft Weitkamp (2010) aangetoond dat de beleefde openheid het best verklaard kan worden uit een combinatie van de gemiddelde en de grootste afstand tot de grens van de ruimte. De gemiddelde afstand tot de grens van de ruimte alleen is ook een goede indicatie voor de beleefde openheid. Ook de oppervlakte van de ruimte (sterk gecorreleerd met de gemiddelde afstand tot de grens van de ruimte) is zeer significant en bovendien een maat die heel goed te communiceren is.

Leeswijzer
In dit technical report zijn de onderzoeksresultaten als volgt vast gelegd. In hoofdstuk 2 wordt het model ViewScape beschreven alsmede de basisbestanden die als input dienen. In hoofdstuk 3 worden landsdekkende en detailkaarten besproken van de door ViewScape berekende indicatoren zichtbare oppervlakte, langste zichtlijn, kortste zichtlijn en kleinste afstand. Voor de zichtbare oppervlakte is geprobeerd een legenda samen te stellen op basis van wat volgens geïnteresseerde leken halfopen landschappen zijn. Dit wordt besproken in paragraaf 3.3. In paragraaf 3.4 wordt besproken wat het verschil is tussen de output van KELK en die van ViewScape. In hoofdstuk 4 wordt gekeken naar de gevoeligheid van de output van ViewScape voor allerlei instellingen. In dit hoofdstuk wordt ook de validatie besproken. Tot slot komt in hoofdstuk 5 aan de orde wat we te weten zijn gekomen in dit project en wat we eigenlijk nog zouden moeten weten om optimaal gebruik te maken van de mogelijkheden van ViewScape.

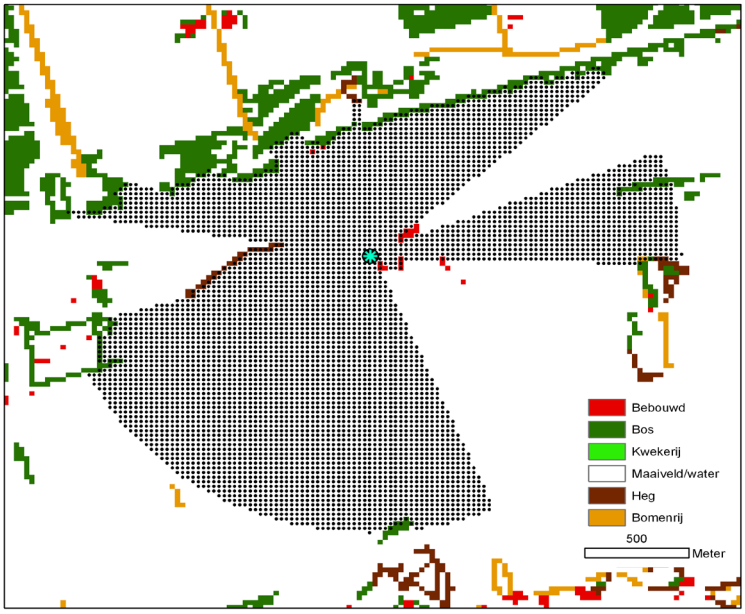
2 Methode en technieken

2.1 ViewScape

2.1.1 Werking

ViewScape berekent per analysepunt (in een set van analysepunten) het zichtbare deel van het landschap. Afhankelijk van de toepassing kan van dit zichtbare deel onder andere worden berekend: de oppervlakte, de langste zichtlijn, de kortste zichtlijn, de oppervlakte van aanwezige grondgebruiktypen en de aard van de begrenzing van de ruimte.

ViewScape 'kijkt' op elk analysepunt om zich heen en registreert welk deel van het landschap kan worden overzien. We gebruiken hier bewust niet het woord 'gezien' omdat bijvoorbeeld een van de kijker af gerichte helling, achter een top die lager ligt dan ooghoogte, niet als zodanig wordt gezien, maar ook niet belemmerend is voor het uitzicht. ViewScape voert zijn analyse uit op een ruimtelijk bestand waarin het grondgebruik is vastgelegd in rastercellen. Gedurende het scannen van de omgeving houdt het model bij welke cellen kunnen worden overzien (Figuur 1) en welke cellen het zicht belemmeren. De laatstgenoemde cellen zijn bepalend voor de vorm van het zichtvlak dat door ViewScape met behulp van zichtlijnen wordt geconstrueerd. De exacte werking van ViewScape is te lezen in de documentatie bij het model (Jochem, 2015).



Figuur 1: *Zichtbare cellen tot een afstand van 1500 m vanuit een enkel punt*

Het grondgebruik op het waarneempunt zelf wordt door ViewScape genegeerd! Dit heeft tot gevolg dat ook vanuit een bosrand, bebouwingsrand, een bomenrij of een losstaand huis een zichtbare oppervlakte kan worden berekend.

Van het vlak dat kan worden overzien kan ViewScape tal van statistieken genereren. Hierin schuilt een groot deel van de flexibiliteit van ViewScape. Het kan gaan om parameters die de vorm van het vlak zelf beschrijven of over het grondgebruik in het vlak. In de toekomst is het ook mogelijk de aard van de rand van de ruimte te beschrijven.

Om de openheid en de maat van de ruimte te analyseren, zijn we met name geïnteresseerd in de oppervlakte die kan worden overzien. Wat er precies te zien is doet er minder toe.

2.1.2 Input

De minimale input voor ViewScape is:

- een shapefile met punten waarvoor de analyse moet worden uitgevoerd. Dit kan een regelmatig patroon zijn, maar ook willekeurige punten. In het eerste geval kunnen de resultaten worden verrasterd;
- een rasterbestand met relevante grondgebruikstypen;
- een tabel met hoogten per grondgebruikstype;
- een file met instellingen voor de betreffende analyse,
  - de waarneemhoogte;
  - maximale waarneemafstand;
  - maximale kijkhoek in verticale richting.

De input kan eventueel worden uitgebreid met:

- een rasterbestand met terreinhoogten;
- rasterbestanden met extra grondgebruikstypen waarvoor statistieken moeten worden gegenereerd.

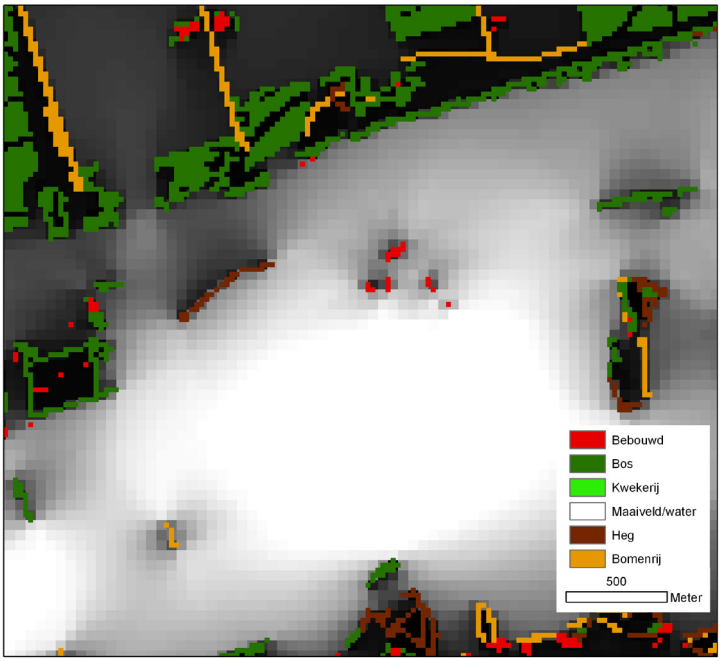
2.1.3 Output

De output van ViewScape bestaat onder andere uit:

1 Een rasterbestand met voor elke cel het aantal analysepunten van waaruit de cel kan worden gezien (Figuur 2). Bij een regelmatig puntenpatroon en wanneer geen rekening gehouden wordt met reliëf kan dit bestand worden gelezen als zichtbare oppervlakte. Wordt reliëf wel meegenomen, dan kunnen gesloten grondgebruikstypen (bos, bebouwing) van bovenaf worden gezien en wordt er dus een zichtbare oppervlakte aan toegekend, hetgeen onjuist is. Het bestand heeft dezelfde resolutie als het inputraster met de grondgebruikstypen.

2 Een punten shapefile met per analysepunt:
   - zichtbare oppervlakte;
   - niet zichtbare oppervlakte (tot een opgegeven afstand);
   - kortste afstand tot opgaand element;
   - langste afstand tot opgaand element;
   - langste zichtlijn door het punt;
   - kortste zichtlijn door het punt.

3 Een shapefile waarin per geanalyseerd punt wordt getoond welke cellen (weergegeven als stippen) zichtbaar zijn vanuit dat punt (Figuur 1). Deze optie is vooral bedoeld om de resultaten van ViewScape te controleren, maar kan ook worden gebruikt om te illustreren hoe ViewScape werkt. Vanwege de grote hoeveelheid data die het genereert is deze optie alleen werkbaar voor een beperkt aantal punten.



Figuur 2: *Oppervlakte die kan worden overzien (zwart: weinig, wit: veel)*

De shape file, genoemd onder punt 2, moet met behulp van ArcGIS worden verrasterd met een resolutie die gelijk is aan de afstand tussen de analysepunten (100 meter in ons geval). Elk attribuut kan afzonderlijk worden verrasterd tot een grid-bestand en met behulp van ArcGIS opgemaakt tot een kaart.

2.2 Basisbestanden voor berekening openheid

2.2.1 Resolutie

Om snel te kunnen rekenen werkt ViewScape met rasterbestanden als input. Om kleine en smalle elementen nog voldoende nauwkeurig mee te kunnen nemen moeten de rasterbestanden een hoge resolutie hebben. Hoe hoger de resolutie des te langer de analyse in ViewScape duurt. Voor de berekening van de openheid hebben we ervoor gekozen het grondgebruik te beschrijven met een resolutie van 25 meter en de punten waarvoor we de openheid berekenen in een regelmatig patroon van 100 bij 100 meter te leggen.

Om de openheid van het landschap te berekenen, heeft ViewScape twee inputbestanden nodig. Een rasterbestand met cellen opgaand grondgebruik en een bestand met terreinhoogte. Het eerste bestand, de basiskaart grondgebruik, wordt opgebouwd met een speciaal daarvoor geschreven Python-script vanuit de kaartlagen van VIRIS-versie 2009. Het tweede bestand is een nabewerkte versie van het Actueel Hoogtebestand Nederland (Rijkswaterstaat Data en ICT Dienst, 1996-2004).

2.2.2 Basiskaart grondgebruik

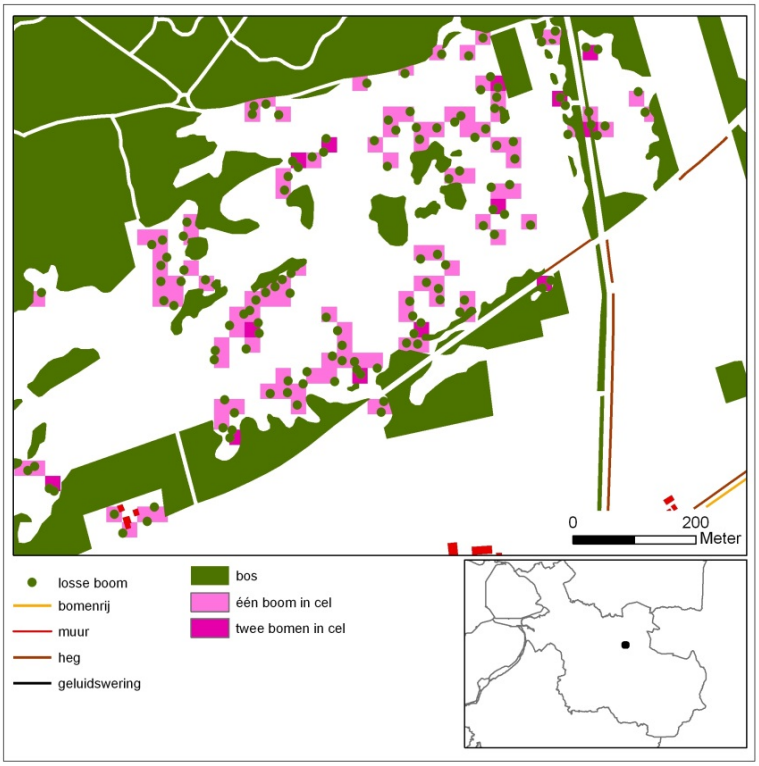
Bij het berekenen van de openheid is het voldoende om onderscheid te maken in slechts twee typen grondgebruik: opgaande typen zoals bos, bebouwing en bomenrijen en niet opgaande typen zoals weiland, bouwland, heide etc. De basiskaart voor ViewScape wordt opgebouwd vanuit de kaartlagen van VIRIS 2009 (Clement *et al.*, 2015). Het bij Alterra ontwikkelde VIRIS-bestand bevat thematische kaartlagen met verrasterde topografische informatie. In VIRIS is in cellen van 25 bij 25 meter voor een groot aantal grondgebruikstypen bekend welke lengte (bijv. bomenrijen en heggen) of oppervlakte (bijv. bos en bebouwing) van het betreffende type aanwezig is. In veel gevallen bevat een VIRIS-laag meerdere grondgebruikstypen uit de TOP10. In Bijlage 1 en Bijlage 3 is te zien welke kaartlagen VIRIS onderscheidt en welke voor de openheid van het landschap relevant zijn.

In veruit de meeste cellen komen meerdere typen grondgebruik voor. Het minimum voor een cel is 1 m^2. Aangezien we hebben gekozen voor slechts twee typen grondgebruik in de basiskaart moeten we criteria bedenken die bepalen of een cel als gesloten of open in de basiskaart terechtkomt. Uit alle mogelijke VIRIS-typen (Bijlage 2) zijn de volgende van belang voor het opsporen van gesloten cellen (cellen met een bepaalde hoeveelheid opgaande elementen): hoogbouw, huizen, opslagtanks, bomenrijen, heggen, individuele bomen, bebouwingsvlakken, fruitkwekerijen, gemengd bos, griend, kassen, boomkwekerijen, loofbos, naaldbos, overig grondgebruik en populierenbos. Individuele bomen, bomenrijen en overig grondgebruik zijn lastige categorieën die wat extra uitleg behoeven.

In de topografische kaart komen ook de typen muur en ‘geluidswering’ voor, maar die zijn niet opgenomen in de VIRIS-bestanden. Ze komen derhalve niet voor in de basiskaart. In tegenstelling tot de kaartbladen van de topografische kaart houdt het VIRIS-bestand op bij de landsgrens. Dit houdt in dat de resultaten van de ViewScape-analyse onbetrouwbaar zijn in een zone langs de landsgrens die zo breed is als de maximale analyseafstand. Dit speelt met name in open landschappen.

Individuele bomen
Individuele bomen zijn beeldbepalend in het landschap en ze belemmeren in enige mate ook het vrije uitzicht. In het VIRIS-bestand is per cel bekend hoeveel bomen erin staan. We gaan er echter vanuit dat een enkele boom niet genoeg invloed heeft op de zichtbaarheid van het achterliggende landschap om de hele cel waarin hij staat als ondoorzichtig te beschouwen. Elke cel met een enkele boom zou immers een blok worden van 25 bij 25 meter. Wanneer cellen met individuele bomen aan elkaar grenzen ontstaat een dichte wand die vergelijkbaar is met een bomenrij met een (gemiddelde) afstand

van 25 meter tussen de bomen. Dit zou ervoor kunnen pleiten om aan elkaar grenzende cellen met individuele bomen wel mee te nemen, samen met de cellen waarin twee of meer bomen staan. Deze situatie doet zich regelmatig voor op heidevelden (zie Figuur 3). Toch is er vooralsnog voor gekozen om individuele bomen niet mee te nemen bij het samenstellen van de basiskaart met grondgebruik. Deze keuze is mede ingegeven door het feit dat de topografische kaart op het gebied van individuele bomen nogal onbetrouwbaar is (zie paragraaf 4.1.1).



Figuur 3: *Individuele bomen op een heideterrein*

Bomenrijen

Bomenrijen beïnvloeden de zichtbaarheid van het landschap. Daarbij spelen een aantal zaken een rol die het al dan niet meenemen van bomenrijen ingewikkelder maken dan het in eerste instantie lijkt. Bomenrijen zijn per definitie nooit helemaal gesloten (anders waren ze op de topografische kaart geclassificeerd als heggen). In welke mate is dat van invloed op de beleving van de openheid? Ligt de focus bewust op het landschap achter de bomenrij dan is het landschap voor je gevoel ruimer dan wanneer je wat minder gefocust om je heen kijkt.

De mate waarin bomenrijen het zicht belemmeren, is afhankelijk van de boomsoort(en), de afstand tussen de bomen, de hoogte van de bomen, de grootte van de boomkroon en de mate waarin de bomen zijn opgesnoeid. Over al deze aspecten is geen ruimtelijke informatie beschikbaar. We weten alleen dat ergens een bomenrij aanwezig is.

Ook het seizoen heeft zijn invloed op de mate waarin bomenrijen doorzichtig zijn. Aangezien bomenrijen nagenoeg altijd bestaan uit loofbomen zijn ze in het winterhalfjaar veel doorzichtiger dan in het zomerhalfjaar. We gaan ervan uit dat het landschap vooral wordt beleefd in de periode dat er blad aan de bomen zit en de bomenrijen dus het meest gesloten zijn.

Op grond van bovenstaande is besloten om bij de landsdekkende analyses bomenrijen mee te nemen als volledig gesloten, ook al zijn ze deels doorzichtig. Het is een betere benadering van de werkelijkheid dan bomenrijen als volledig doorzichtig te beschouwen (zie voorbeelden op de volgende foto's).

Naast bomenrijen staan er op de topografische kaart ook bosstroken, of 'houtranden'. Volgens de inwinningscriteria worden die als vlak gekarteerd bij een lengte van minimaal 50 meter en een breedte vanaf drie meter. Met name de smalle bosstroken zullen in het veld grote overeenkomsten vertonen met bomenrijen. Mochten we ooit analyses gaan doen waarbij de bomenrijen als doorzichtig worden beschouwd, dan zullen we ook op zoek moeten naar een manier om de smalle bosstroken te scheiden ven de brede. Er is een manier om met TOP10_Smart (resolutie 2,5 meter) als basis de smalle bosstroken wel apart te kunnen behandelen.

Overig bodemgebruik
De categorie 'overig bodemgebruik' bestaat voor een groot deel uit erven. Het is echter niet bekend in welke mate de erven begroeid zijn. Het al dan niet meenemen van deze categorie kan van grote invloed zijn op het uiteindelijke kaartbeeld en op de met ViewScape berekende openheidsindicatoren. Een deel van de pijn op dit punt wordt weggenomen door de gebouwen die op de erven staan en altijd worden meegenomen bij het opbouwen van de basiskaart. Dit neemt niet weg dat het heel veel zin kan hebben om te kijken of het mogelijk is te achterhalen in welke mate de erven begroeid zijn. Hoogtemetingen die gedaan zijn voor het opbouwen van de terreinhoogtekaart AHN bieden hiertoe goede mogelijkheden

2.2.3 Criteria basiskaart grondgebruik

Huizen in TOP10-bestanden liggen als een aparte laag op het onderliggende grondgebruik. Dit houdt in dat we voor het vinden van gesloten cellen niet zonder meer alle grondgebruikstypen bij elkaar kunnen optellen. Niet volledig gesloten cellen kunnen een waarde krijgen van meer dan de maximale oppervlakte (625 m^2). Zelfs heggen en bomenrijen kunnen, door digitaliseerfouten, in bos terecht-komen. Daarnaast kunnen heggen en bomenrijen alleen met vlakvormig bos worden gecombineerd door ze een breedte mee te geven. Ook dit kan weer tot dubbeltellingen leiden. Daarom zijn de

verschillende opgaande typen (bebouwing, lijnvormig groen en vlakvormig groen) apart behandeld en hebben eigen criteria. Het zou hierdoor kunnen voorkomen dat cellen waarin alle drie de typen voorkomen, maar geen van de typen aan de criteria voldoet als open cel wordt getypeerd terwijl een optelsom van de drie typen een gesloten cel zou opleveren. Aangezien de criteria, met name voor bebouwing, vrij streng zijn zal dit niet zo vaak voorkomen. De fout die gemaakt wordt door de drie opgaande typen eerst te sommeren is waarschijnlijk groter.

Na wat gestoei met hoeveelheden opgaande elementen in cellen zijn we tot de conclusie gekomen dat het meer voor de hand ligt om de hoeveelheden te beredeneren dan uit te proberen welk effect een bepaald criterium heeft op de kaart. Het laatste zorgt er namelijk voor dat na aanpassing van de criteria een gewenst effect op de ene plek gepaard gaat met een ongewenst effect op een andere plek. Hierdoor kun je eindeloos bezig blijven zonder een goed beeld te hebben van eventuele verbeteringen of verslechteringen. Tabel 1 laat de criteria zien waarmee in eerste instantie is gewerkt.

Tabel 1
Criteria per type element

Type	Redenering: cel is dicht als	Criterium	Opmerking
Lijnvormig groen	Een bomenrij of heg voor minimaal de helft van de resolutie in de cel ligt.	Meer dan 12,5 m	In praktijk naar beneden afgerond (> 11 m) voor beter resultaat.
Vlakvormig groen	Een bosstrook voor minimaal de helft van de resolutie in de cel ligt.	Meer dan 37,5 m^2	Bosstroken zijn minimaal 3 meter breed.
Vlakvormig rood	Al zodra er een enkel huis aanwezig is	Meer dan 31 m^2 (5% van de cel)	

In bepaalde gevallen kan het voorkomen dat een lijnstuk van meer dan 12,5 meter niet in de basis-kaart zit. Het gaat om het begin of eind van een bomenrij dat voor minder dan 12 meter door de hoek van een cel gaat en vervolgens voor minder dan 12 meter in een aangrenzende cel eindigt. Het criterium voor lijnvormig groen is daarom naar beneden afgerond, hetgeen een iets beter resultaat geeft.

Het criterium voor vlakvormig bos is in eerste instantie bedoeld om er zeker van te zijn dat bosstroken worden meegenomen. Bosrandcellen met relatief weinig bos worden hierdoor ook meegenomen wat ten koste gaat van heel wat open ruimte langs bosranden. Bij het bepalen van de oppervlakte van grote open ruimten is dit verhoudingsgewijs niet zo'n probleem. Het effect is groter bij kleinere ruimten. Het effect op de zichtlijnen is waarschijnlijk het grootst aangezien smalle open ruimtes kunnen dichtslibben en er geen zichtlijn meer kan worden berekend voor die ruimte.

Een deel van de cellen die grenzen aan bosranden of randen van grote eenheden bebouwing is te redden door een andere eis te stellen aan cellen die onderdeel uitmaken van, of grenzen aan, dit soort complexen. Deze cellen vinden we door te kijken naar zijn acht buurcellen. Is daarvan minimaal één geheel gevuld, dan hebben we een randcel te pakken. Aan deze cellen stellen we de eis dat meer dan de helft (312 m^2) uit opgaande elementen moet bestaan. Door deze aanpassing van het criterium kunnen ongewenste effecten optreden. Op het kleine kaartje hiernaast is te zien dat er een doorzicht ontstaat waar er amper sprake van een doorzicht is. Deze situatie doet zich zelden voor en het oplossen van dit soort ongewenste effecten zal resulteren in nieuwe ongewenste effecten op andere plekken. Bij de bepaling van de openheid van het landschap zal de betekenis van dit soort foutjes marginaal zijn.

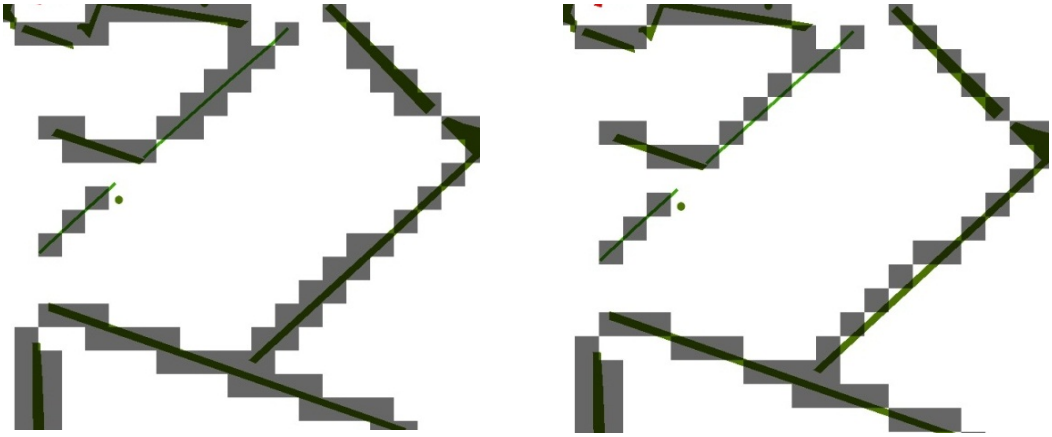
Uiteindelijk zien de criteria voor zichtbelemmerende cellen er als volgt uit (Tabel 2).

Tabel 2

Criteria voor zichtbelemmerende cellen

Vlakvormig groen	Criterium
Som alle typen	Max buurcel vlakvormig groen > 624, dan > 312 Max buurcel vlakvormig groen <=624, dan > 37
Lijnvormig groen	
Som alle typen	>= 12
Vlakvormig rood	
Som alle typen	Max buurcel vlakvormig rood > 624, dan > 312 Max buurcel vlakvormig rood <= 624, dan > 31

Zoals bij de randen van boscomplexen doet bij diagonaal gelegen lijnvormig groen zich het feit voor dat lijnen met meer cellen worden beschreven dan noodzakelijk is. Die extra cellen gaan ook hier ten koste van de open ruimte. Extra cellen ontstaan vanaf een criterium kleiner dan 17,7 meter. Een lijn onder een hoek van 45 graden die precies door het midden van de zijde van een cel gaat, ligt steeds voor 17,7 meter in de cellen die worden doorkruist. In dat geval wordt een lijn beschreven door steeds twee naast elkaar gelegen celen die trapsgewijs zijn gestapeld (Figuur 4 links).



Figuur 4: *Bomenrijen voor (links) en na (rechts) 'thinning'*

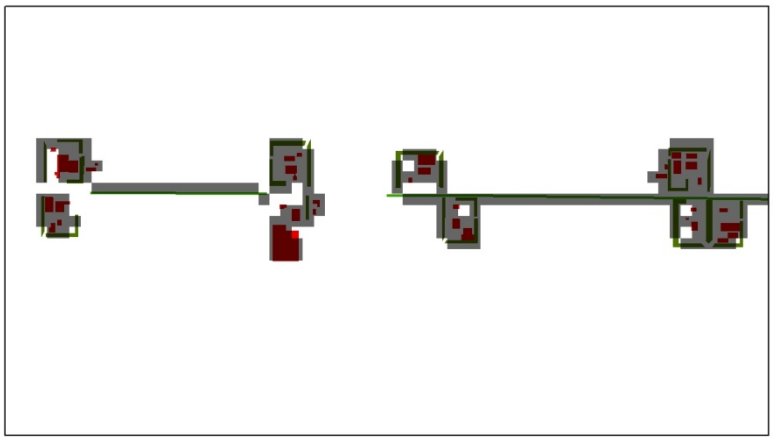
Bovenstaand probleem lossen we op met het Thin-commando van ArcGIS. Dit commando zorgt ervoor dat lijnvormige structuren met zo min mogelijk cellen worden beschreven. Er kan wel een kleine verspringing optreden ten opzichte van de werkelijke ligging, maar dat lijkt een minimaal probleem.

Het Thin-commando kan op plekken waar lijnen samenkomen zorgen voor ongewenste verspringingen. Dit is opgelost door oorspronkelijke blokjes van twee bij twee cellen na het 'thinnen' terug te plaatsen. Dit heeft helaas weer tot effect dat ook de 'thinning' van verticaal gelegen bossstroken op de grens van twee rijen cellen ongedaan wordt gemaakt (Figuur 4 rechts). Dit is het punt waarop het oplossen van het ene probleem een ander probleem veroorzaakt en het dus beter is om te stoppen.

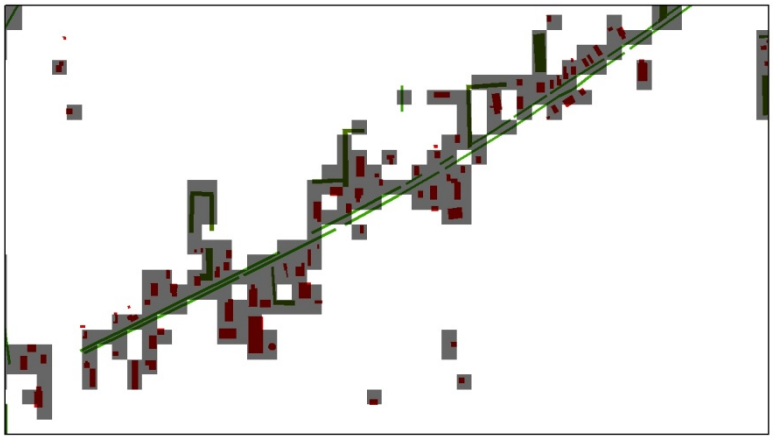
2.2.4 Controle basiskaart grondgebruik

Om te kijken of bovenstaande criteria en nabewerkingen effectief zijn is op diverse plaatsen die verschillen in ruimtelijke configuraties van opgaande elementen gekeken naar de resultaten (Figuur 5). In een overleg met de opdrachtgever is besloten dat het resultaat er goed uitziet.

Woonwijken en industrie
Huizen en huizenblokken worden ruim omvat om zeker te weten dat ze worden afgedekt. Grote (industriële) gebouwen zitten iets minder ruim in de cellen om overdrijving van oppervlakte te voorkomen. Kleine open ruimten blijven behouden.

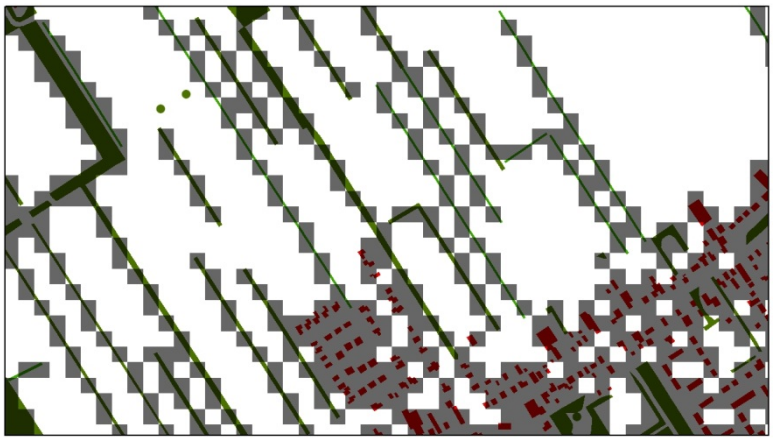


Boerderijen en erfbeplanting
Patroon dat in de polders veel voorkomt. Opgaande elementen worden netjes afgedekt op wat uiteinden en hoeken van erfbeplanting na.

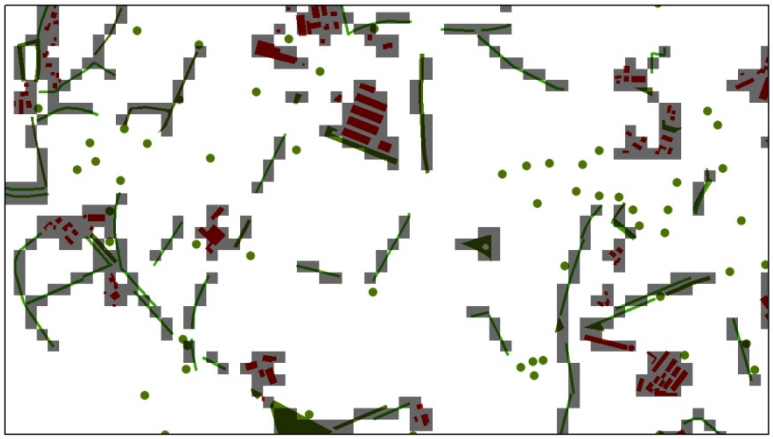


Lintbebouwing
Huizen worden netjes afgedekt. Een enkel klein gebouwtje wordt gemist. Door bomenrijen met zo weinig mogelijk cellen te beschrijven zijn er hier en daar wat cellen open die gesloten haden moeten zijn. Er ontstaan echter nooit ongewenste openingen.

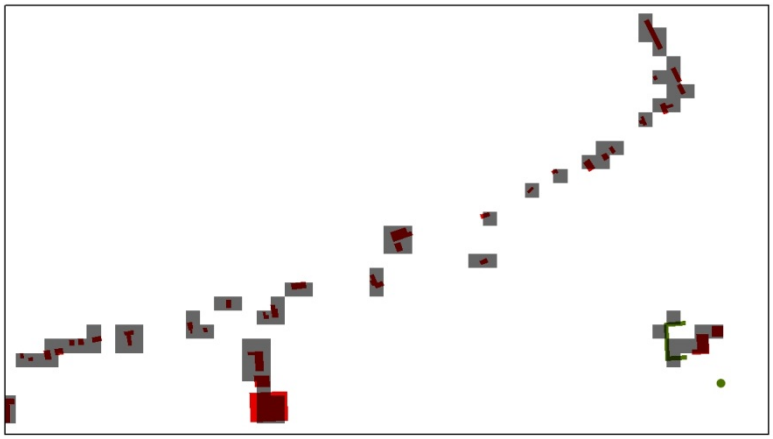
Boscomplex
Pas wanneer een cel voor de helft uit bos bestaat wordt hij afgedekt. Hierdoor blijven kleine openingen in het bos behouden.



Bomenrijen
Bomenrijen worden met zo weinig mogelijk cellen beschreven. Door de relatief lage resolutie is dichtslibbing tussen dicht bij elkaar gelegen rijen niet te voorkomen. De strook bos met bomenrij linksboven is eigenlijk iets te zwaar weergegeven.



Verspreid opgaand
Verspreide opgaande elementen worden goed afgedekt. Vrijstaande bomen worden niet meegenomen.



Vrijstaande huisjes
Kleine huisjes worden niet gemist; een enkele grote schuur wordt wat krapper weergegeven, wat ook de bedoeling was.

Figuur 5: *Vergelijking basiskaart ViewScape (grijs) met topografie (groen en rood)*

2.2.5 Basiskaart Terreinhoogte

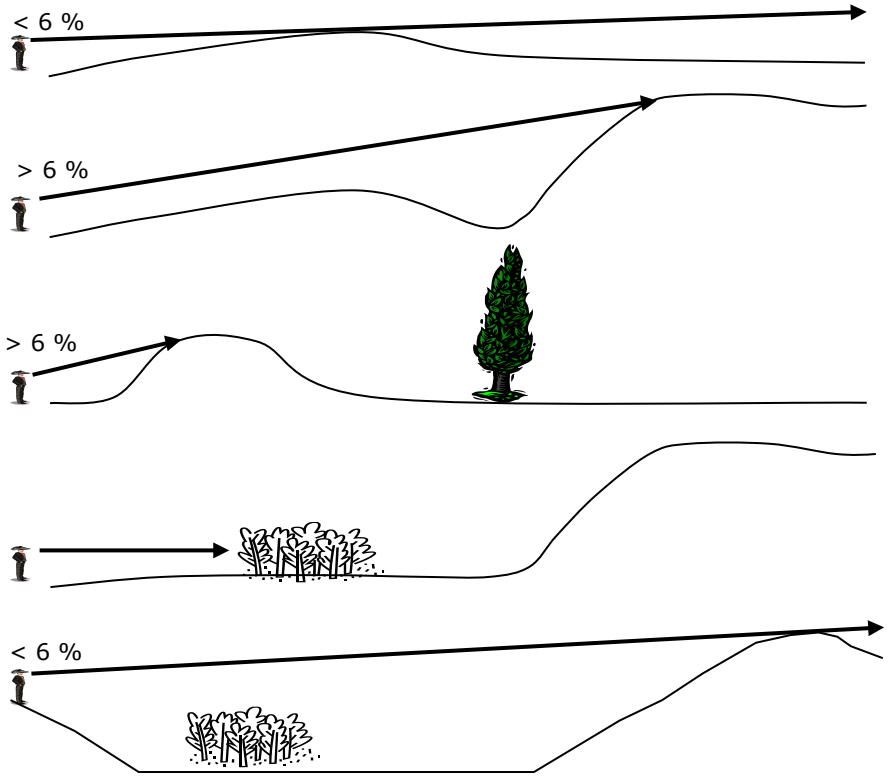
Reliëf en openheid
Reliëf beïnvloedt de zichtbaarheid van het landschap. Op een onbegroeide heuvel kun je de wijde omgeving overzien, maar staan we aan de voet van een steile helling dan kunnen we hooguit enkele tientallen meters ver kijken omdat we tegen het terrein aan kijken. De openheid van het landschap berekenen kan niet zonder rekening te houden met het reliëf.

De moeilijkheid met reliëf is dat het tal van uiterlijke verschijningsvormen kent. Dat een steile helling het zicht belemmert ligt voor de hand, maar hoe zit dat met een flauwe helling? Bij een onbegroeide helling van 1% (1 meter stijging per 100 meter) kijken we bij een waarneemhoogte van 1,5 meter al

op een afstand van 150 meter tegen de helling aan. Bij een veldbezoek in Zuid-Limburg gaven dit soort flauwe onbegroeide hellingen juist een weidse indruk (Figuur 6). Dit heeft ons doen besluiten om ViewScape zodanig aan te passen dat pas vanaf een bepaalde hellingshoek het zicht wordt belemmerd door het terrein. Met de Grebbeberg in ons achterhoofd hebben we die hoek gesteld op 6%. Hierbij gaat het niet om de steilte van de helling, maar de hoek tussen het terrein op de positie van de waarnemer en de top van de helling. Het spreekt voor zich dat opgaande elementen op flauwe hellingen het zicht gewoon belemmeren. Het is ook mogelijk dat achter een helling van 6% (of meer) nog opgaande elementen zichtbaar zijn die het landschap een weidser karakter geven. Ook de omgekeerde situatie is mogelijk: achter opgaande elementen is een hoger gelegen terrein zichtbaar.

Figuur 6: *Flauwe helling*

We hebben er om inhoudelijke en programmeertechnische redenen voor gekozen in dit soort situaties het uitzicht toch te laten stoppen tegen de helling resp. het opgaande object. Objecten die nog zichtbaar zijn achter een helling waar met een hoek van 6% tegenaan wordt gekeken kunnen niet anders dan dichtbij staan. De fout die we daarbij maken is dus relatief klein. En het rechtvaardigt niet de hoeveelheid programmeerwerk die ermee is gemoeid om dit punt mee te nemen in de berekeningen. Bovendien is het de vraag of bijvoorbeeld een bomenrij achter een dijk waar tegenaan wordt gekeken het landschap verruimt. Figuur 7 toont de consequenties van de hierboven beschreven keuzes.



Figuur 7: *Lengte van zichtlijnen bij een maximale kijkhoek van 6%*

ViewScape volgt het reliëf niet naar beneden. Dit zou namelijk tot gevolg hebben dat objecten als bomenrijen, bossen en huizen op een neerwaartse helling het zicht belemmeren terwijl je er overheen kunt kijken. Toch is over bossen en gebouwen heen kijken in een heuvellandschap is iets anders dan een zelfde oppervlakte overzien in een polderlandschap. Het is ons niet duidelijk hoe deze twee vormen van open landschappen zich tot elkaar verhouden.

Basiskaart terreinhoogte
Om de terreinhoogte in ViewScape mee te nemen kunnen we gebruik maken van het AHN-bestand met een resolutie van 25 m. Dit bestand heeft echter twee onvolkomenheden die moesten worden opgelost:

- op plekken waar water aanwezig is zijn geen terreinhoogten bekend;
- in de bebouwde omgeving en in bossen komt de waarde in het bestand vaak niet overeen met de terreinhoogte, maar met de hoogte van gebouwen of boomkronen.

Het eerste punt is opgelost door de cellen te selecteren die grenzen aan de watervlakken en voor elke cel de minimumwaarde op te zoeken in het AHN-bestand met een resolutie van 5 meter. Daarbij hebben we aangenomen dat we op deze manier ongeveer de oeverhoogte te pakken hebben. Op plaatsen met steile dijken of bebouwing dicht tegen het water is dit waarschijnlijk niet helemaal goed gegaan. Vervolgens hebben we van elke oevercel een punt gemaakt en met een kriging-methode de hoogten bepaald van de tussenliggende ruimte op basis van de 20 dichtstbijzijnde punten. Met deze methode worden de watervlakken helaas niet helemaal vlak. Met name in de grote oppervlakte-wateren kwamen te grote hoogteverschillen voor. Dit heeft ons doen besluiten het IJsselmeer, het Veluwerandmeer en de Zeeuwse wateren een hoogte te geven die gelijk is aan NAP. De hoogteverschillen op de overige wateren zijn waarschijnlijk klein genoeg om de openheidanalyse niet nadelig te beïnvloeden. Het gaat erom dat deze watervlakken meedoen in de analyse. Het is wel zo dat het verkeerd inschatten van de waterhoogte tot gevolg kan hebben dat ViewScape vanaf het water net wel of net niet over een dijk 'kijkt'. Het eenvoudigweg toekennen van een enkele waterhoogte per vlak was niet mogelijk aangezien het grootste deel van het Nederlandse oppervlaktewater met elkaar verbonden is. In de toekomst verdient het de voorkeur om een bestand te gebruiken met de gemiddelde hoogten van al het Nederlandse oppervlaktewater, als zo'n bestand bestaat.

Folkert de Vries (Alterra Wageningen UR) heeft geprobeerd het tweede punt op te lossen. Hij heeft cellen met een afwijkende waarde ten opzichte van de omgeving de gemiddelde waarde van die omgeving meegegeven. Dat is echter niet gedaan in steden, dorpen en gehuchten en op infrastructuur. Met name het ontbreken van terreinhoogte-informatie op infrastructuur is voor ons onwenselijk.

Het leek erop dat er niets anders op zat dan de analysepunten binnen bebouwing en bos te verwijderen. Zo onlogisch is dit niet omdat we daarvan met zekerheid kunnen zeggen dat de zichtbare oppervlakte zo goed als nul is. Maar dit levert juist ook weer problemen op. Punten in, of eigenlijk op, bebouwing kunnen vanaf een hoger gelegen helling worden gezien en zitten dus in het zichtbare gebied van zo'n helling. We mochten ze dus niet verwijderen! We kunnen wel de berekende oppervlakte zichtbaar landschap voor punten die omgeven zijn door bebouwing achteraf in de laagste klasse onderbrengen.

Het feit dat bebouwing en bos vaak niet uit de terreinhoogtekaart zijn gefilterd zorgt ook voor problemen in de directe omgeving. Vanuit een analysepunt naar een gebouw kan een dusdanige helling worden berekend dat ViewScape het ziet als een langzaam oplopend terrein of een dijk in de verte en het niet meeneemt als blokkerend element. In principe zou dit geen probleem moeten zijn aangezien er op die plaatsen een gebouw moet staan in de basiskaart. Alleen op de plekken weer AHN een gebouw of bos 'ziet' en de topografische kaart niet kan het voor problemen zorgen.

3 Resultaten

3.1 Inleiding

Naast de hiervoor beschreven inputbestanden verlangt ViewScape een aantal paramaterwaarden alvorens een analyse uit te kunnen voeren. Een samenvatting van de gebruikte parameters en waarden staat in Tabel 3. Een uitgebreide bespreking van de parameterwaarden is te vinden in paragraaf 4.1.4.

Tabel 3
Gebruikte parameters en waarden in ViewScape

Parameter	Waarde	Korte motivatie
Resolutie analyse	100 m	Hoog genoeg voor landsdekkende kaart en nog werkbaar gezien de rekentijd (ruim 4,5 miljoen punten).
Analyseafstand	2200 m	Onderzoek Weitkamp (2010) en beperken rekentijd.
Objecthoogte	10 m	Hoger dan ooghoogte en ongeveer de hoogte van een huis (van belang in reliëfrijke gebieden).
Waarneemhoogte	1,5 m	Ongeveer ooghoogte.
Verticale kijkhoek	6%	Geschat, stijgingspercentage Grebbeberg
Aantal zichtlijnen	360	Voldoende nauwkeurig om zichtbare oppervlakte te beschrijven.

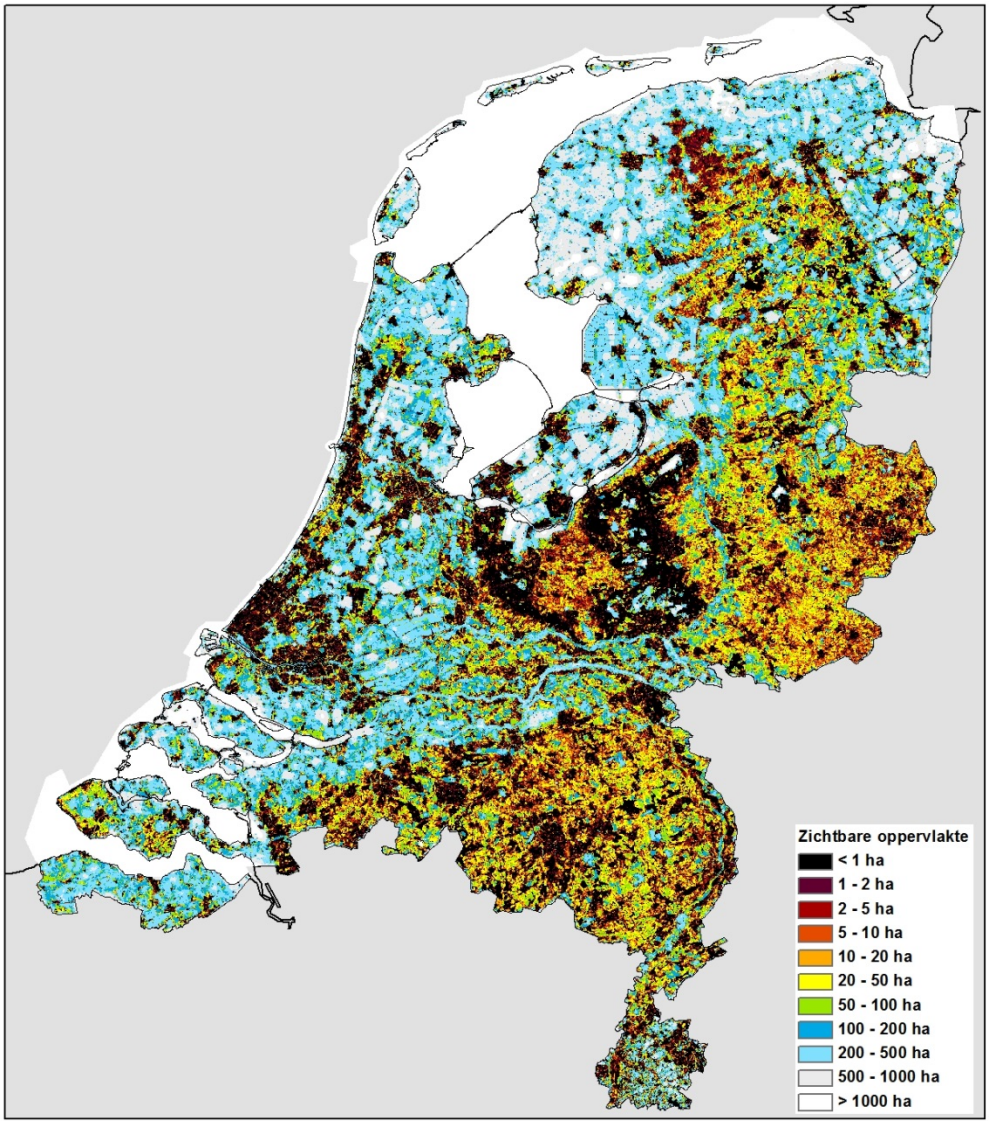
De output van ViewScape bestaat uit een ArcGIS punten shapefile met als attribuutwaarden: zichtbare oppervlakte, langste zichtlijn, kortste zichtlijn en kortste afstand tot een opgaand element. De shapefile is verrasterd op deze vier attributen met een resolutie van 100 m (elk analysepunt vertegenwoordigt een cel; de gewenste resolutie bepaalt dus het patroon van de analysepunten) en leverde vier rasterbestanden op die in dit hoofdstuk worden getoond en besproken.

3.2 Berekende indicatoren

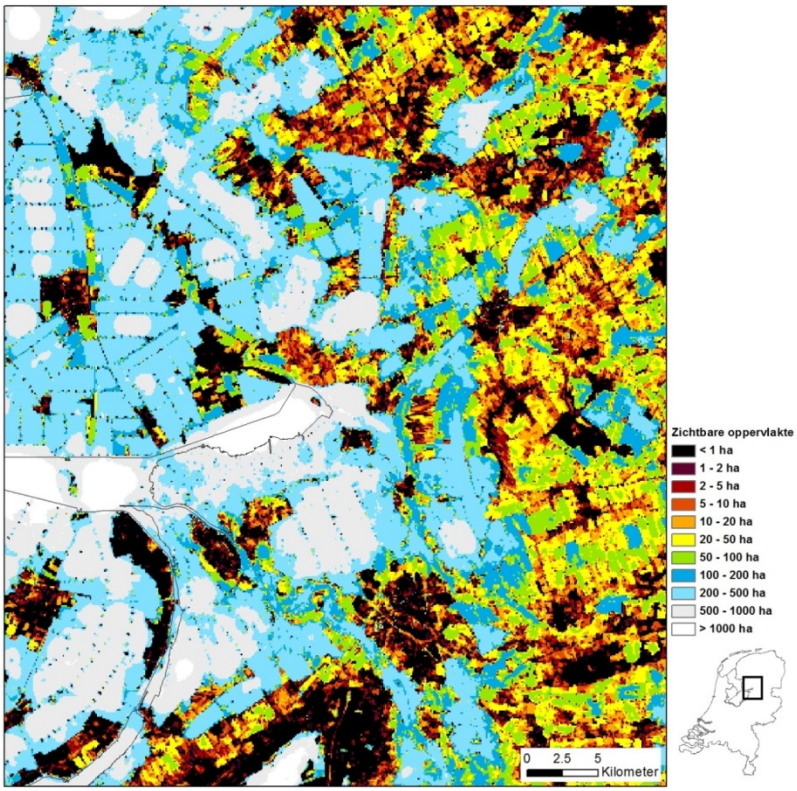
3.2.1 Zichtbare oppervlakte

Weitkamp (2010) heeft aangetoond dat een combinatie van de gemiddelde en de grootste afstand tot de grens van de ruimte de beste indicator is voor de beleefde openheid. Aangezien ViewScape (nog) geen gemiddelde afstanden berekent, hebben we gekozen voor de oppervlakte van de ruimte die volgens Weitkamp ook significant is als maat voor de openheid. Figuur 8 geeft een landsdekkend beeld van de zichtbare oppervlakte. Het komt goed overeen met zoals we Nederland kennen. We zien grote open ruimtes in Friesland, Groningen, Noord-Holland en de Flevopolders en meer besloten gebieden op de hoge zandgronden. Opvallend zijn de grote oppervlaktes die je kunt zien in delen van Zuid-Limburg. Dit heeft te maken met het feit dat we reliëf hebben meegenomen in onze berekeningen. Het is ons niet duidelijk of het landschap hier ook als open wordt ervaren.

Figuur 9 is een detailkaart van de omgeving van Zwolle. In de detailkaart is goed te zien dat op elke plek in een open ruimte de zichtbare oppervlakte hetzelfde is. Alleen wanneer in de ruimte afstanden voorkomen die groter zijn dan de maximale analyseafstand van 2200 meter is de zichtbare oppervlakte in het centrum van de ruimte groter dan aan de rand. Wat ook opvalt is de grote mate van detail. Erven in de polders worden weergegeven door donkere puntjes in een open landschap. Op het landsdekkende beeld vallen ze weg, maar op de detailkaart zijn ze duidelijk zichtbaar. Misschien moeten we in de toekomst op zoek naar een manier om te veel detail weg te filteren uit landsdekkende en regionale kaarten.

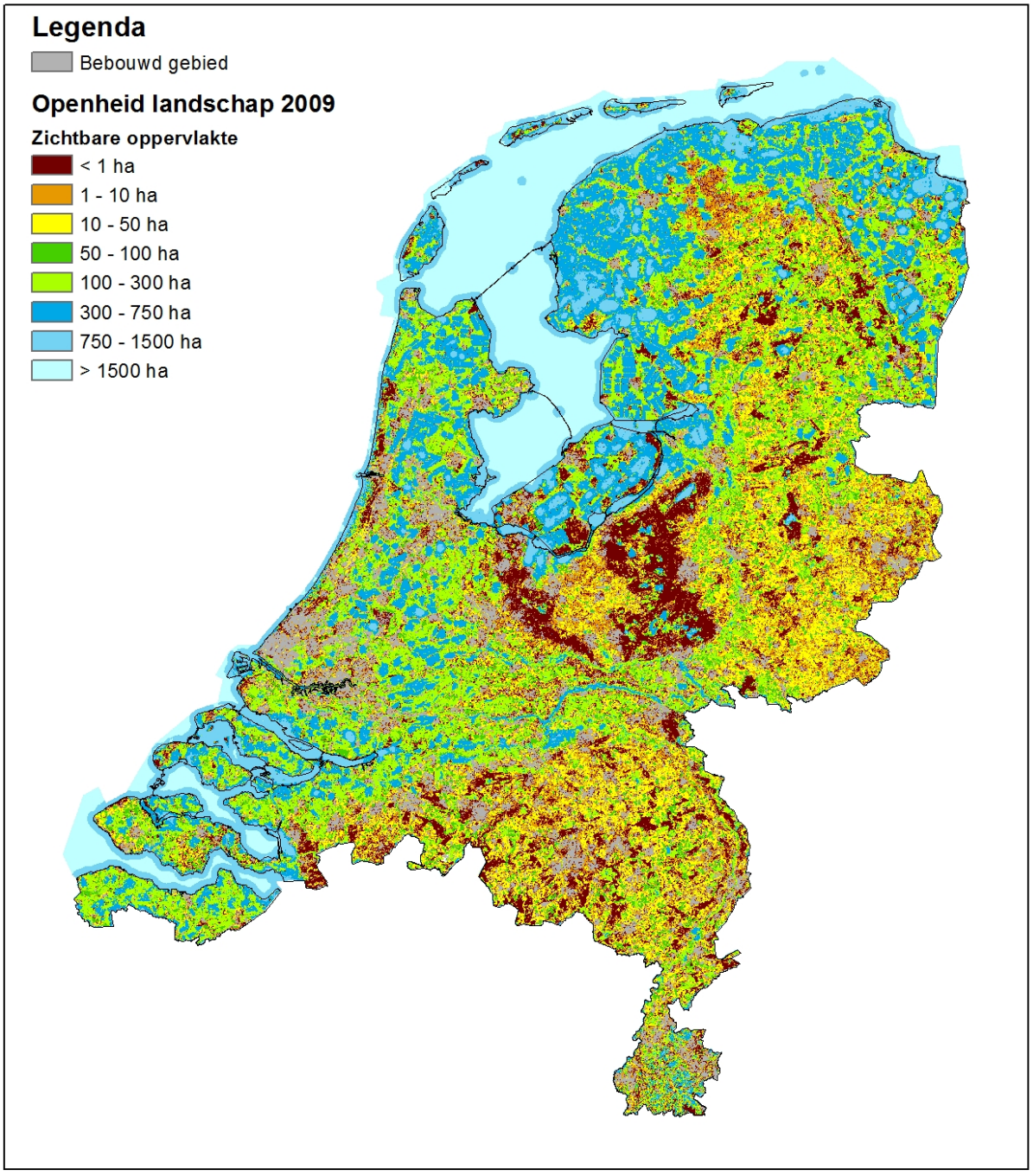


***Figuur 8**: Zichtbare oppervlakte (landsdekkend beeld)*



***Figuur 9**: Zichtbare oppervlakte omgeving Zwolle*

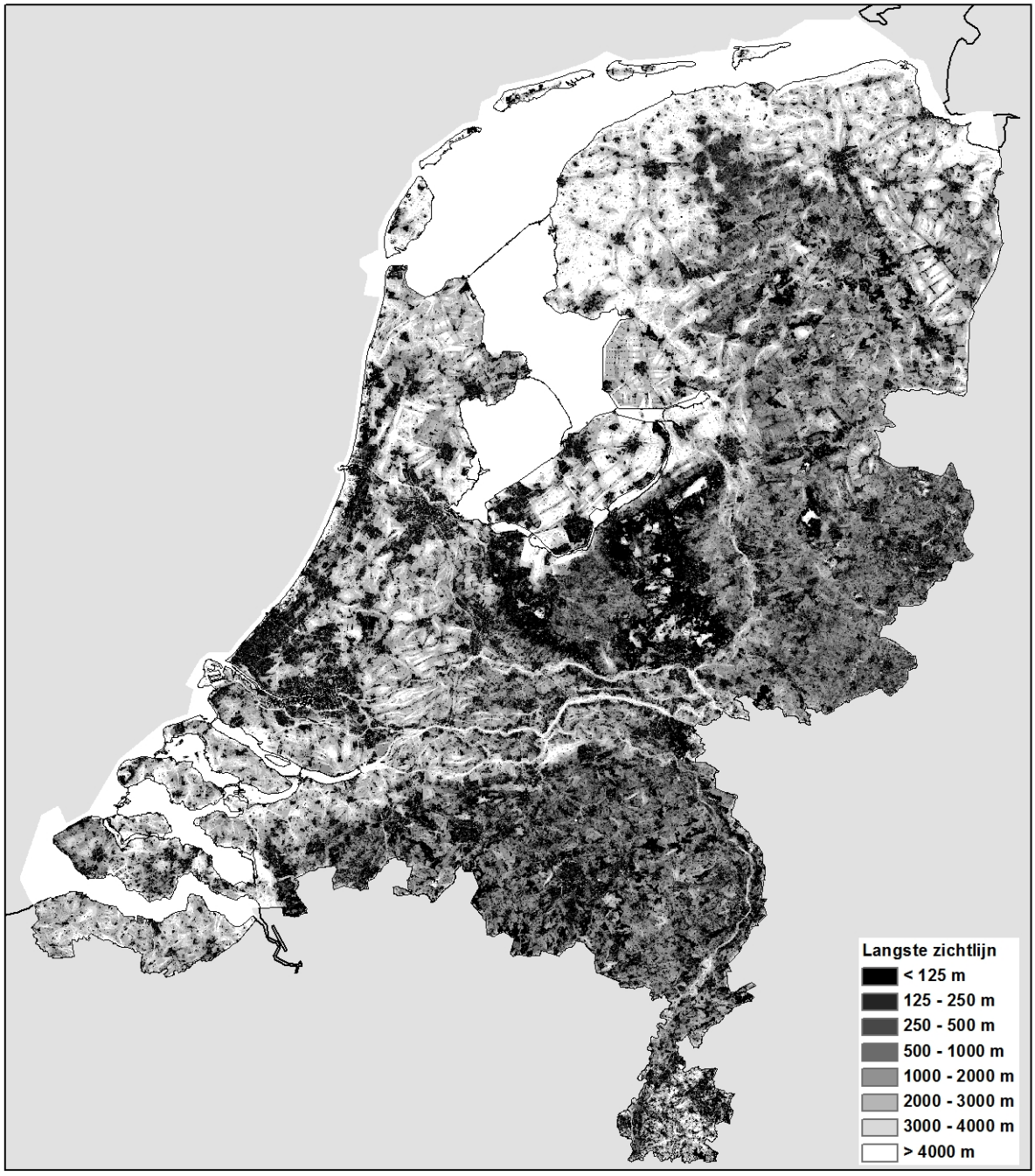
De zichtbare oppervlakte is meegenomen als indicator in het Compendium voor de Leefomgeving (CBS *et al.*, 2012). Daarvoor is het aantal klassen verkleind, zijn de kleuren van de legenda aangepast en heeft het bebouwde gebied een aparte legenda-eenheid gekregen (Figuur 10). Zie Bijlage 6voor een beschrijving van de metadata van dit bestand.



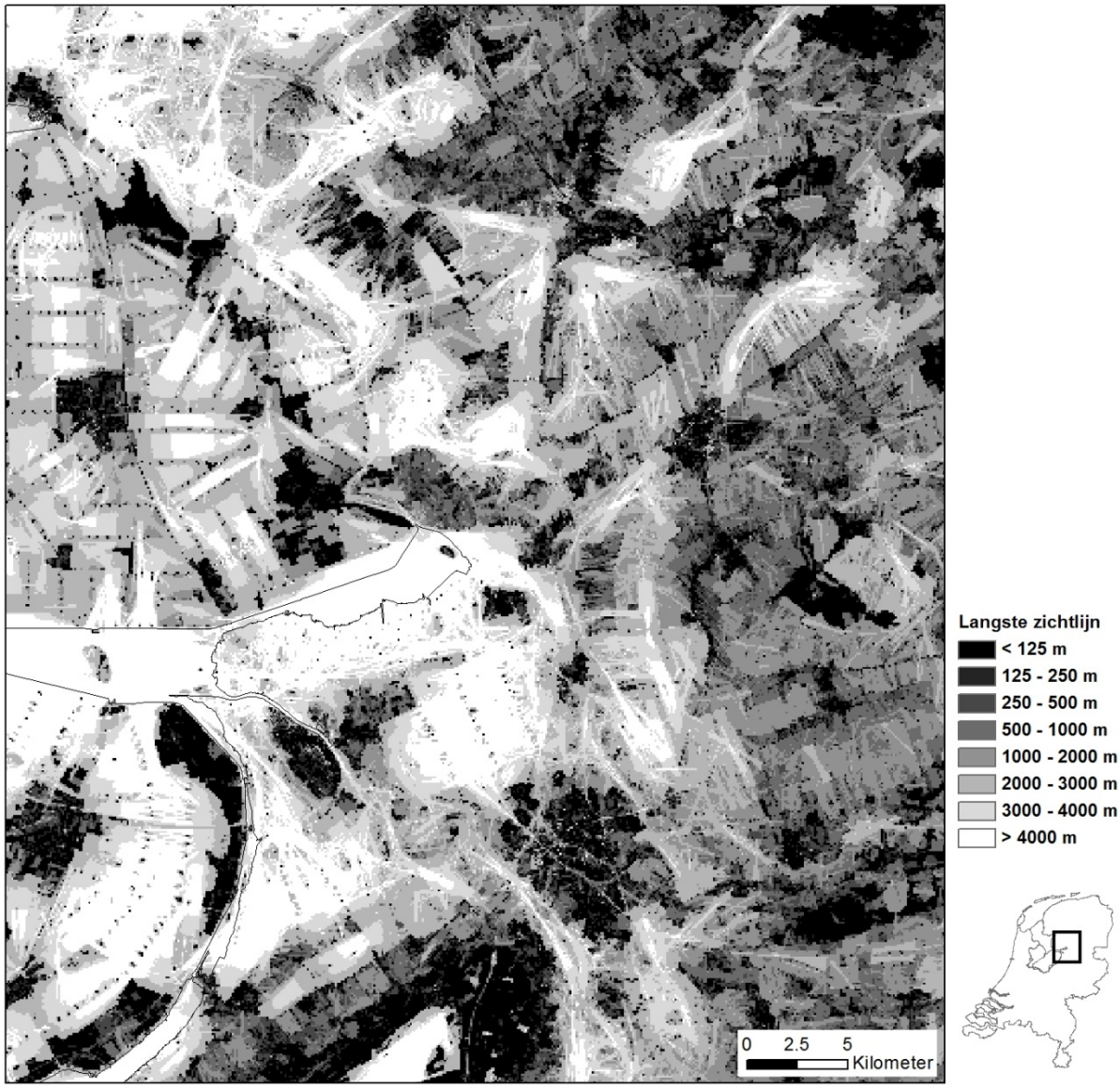
Figuur 10: *Zichtbare oppervlakte zoals opgenomen in Compendium voor de Leefomgeving (CBS et al., 2012).*

3.2.2 Langste zichtlijn

Een zichtlijn is een rechte lijn die door het analysepunt loopt en aan weerszijden wordt begrensd door een zicht belemmerend object. Voor elk punt is de lengte van de langste zichtlijn berekend. Figuur 11 geeft een landsdekkend beeld van de langste zichtlijn. Figuur 12 is een detailkaart van de omgeving van Zwolle. Op de detailkaart vallen met name smalle ruimtes met een lange zichtlijn op; ze geven richting aan het landschap.



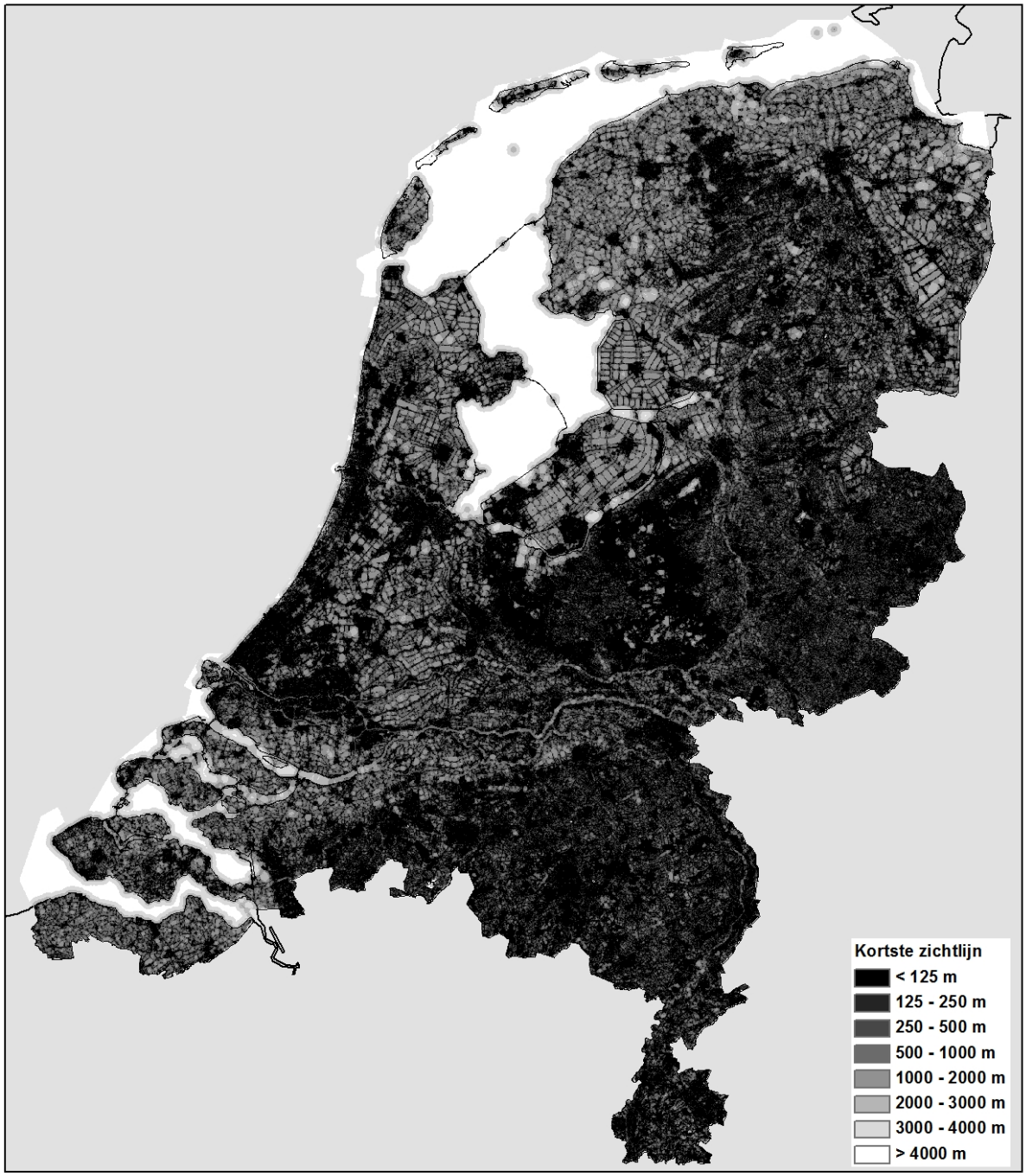
***Figuur 11**: Langste zichtlijn (landsdekkend)*



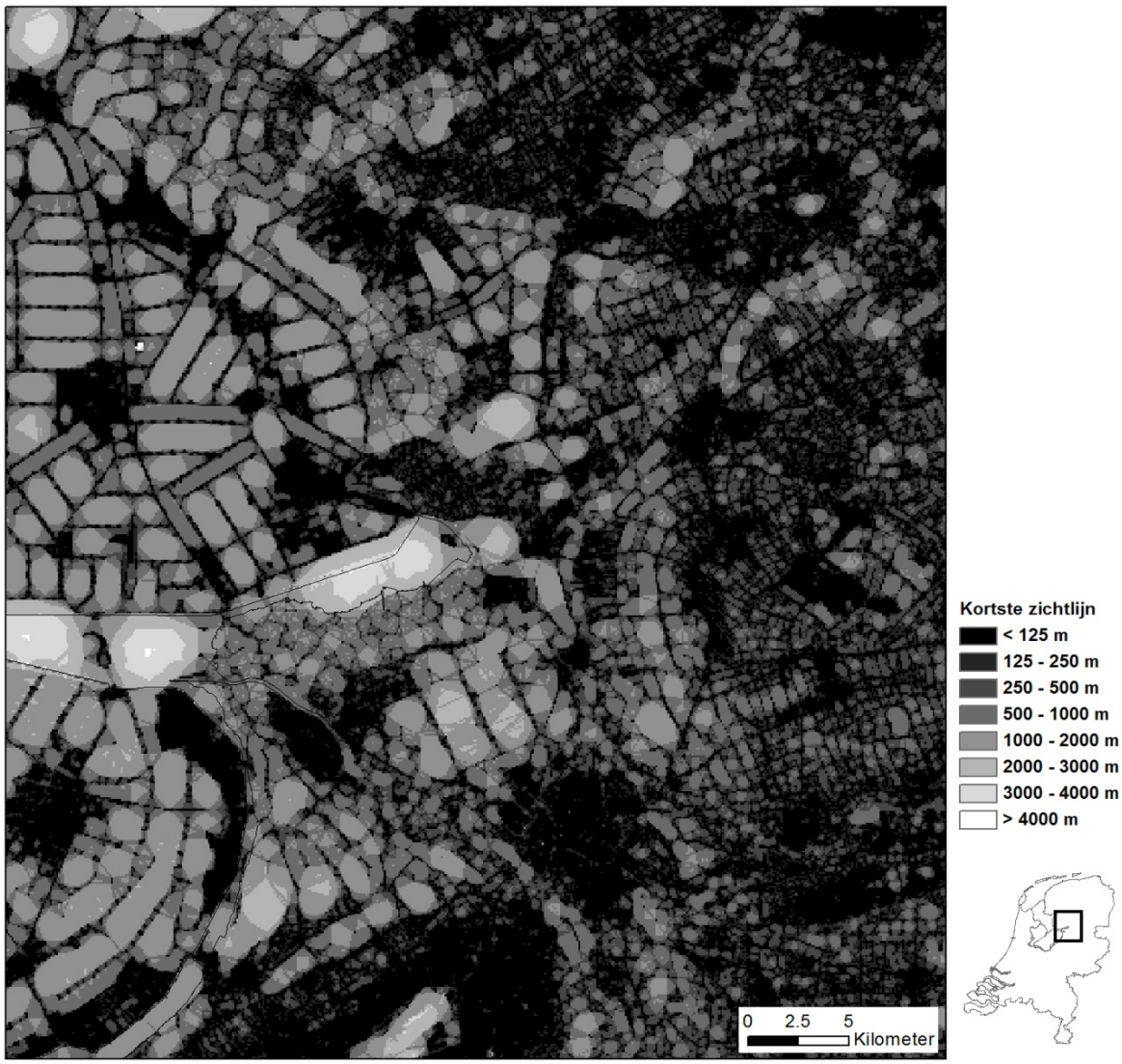
***Figuur 12**: Langste zichtlijn omgeving Zwolle*

3.2.3 Kortste zichtlijn

Voor elk punt is de lengte van de kortste zichtlijn berekend. Figuur 13 geeft een landsdekkend beeld van de kortste zichtlijn. De legenda is dezelfde als die van Figuur 11. Het is opvallend hoeveel donkerder de figuur wordt. Dit betekent dat heel veel ruimtes een (enigszins) langwerpige vorm hebben die resulteert in een groot verschil in lengte tussen de langste en de kortste zichtlijn. Figuur 14 is een detailkaart van de omgeving van Zwolle. Opvallend in deze figuur is een punt rechtsboven Emmeloord met een kortste zichtlijn van 4400 meter. Het blijkt hier te gaan om een kunstmatige 'bult' van twaalf meter boven NAP in een landschap met een gemiddelde hoogte van vier meter onder NAP.



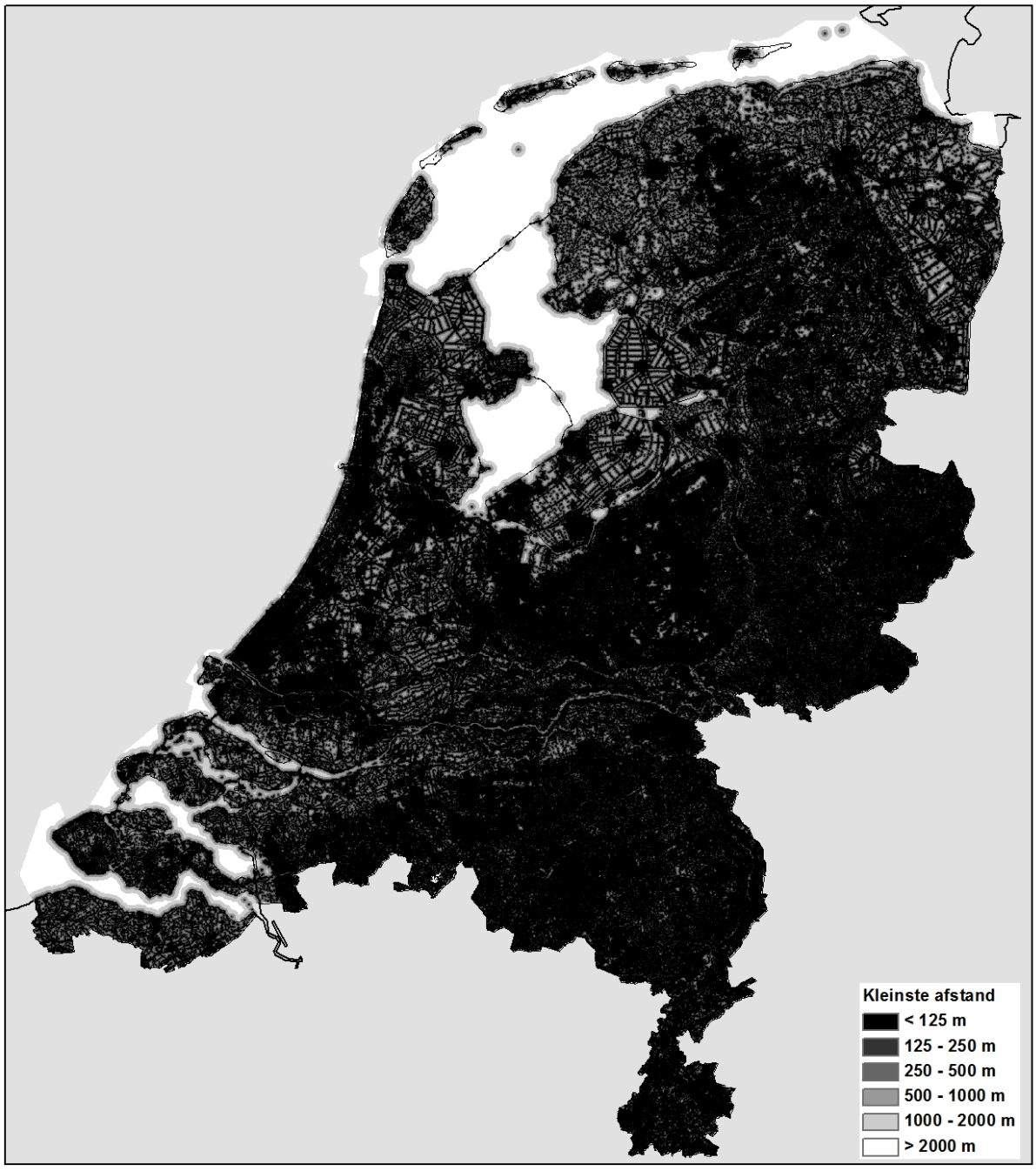
***Figuur 13**: Kortste zichtlijn (landsdekkend)*



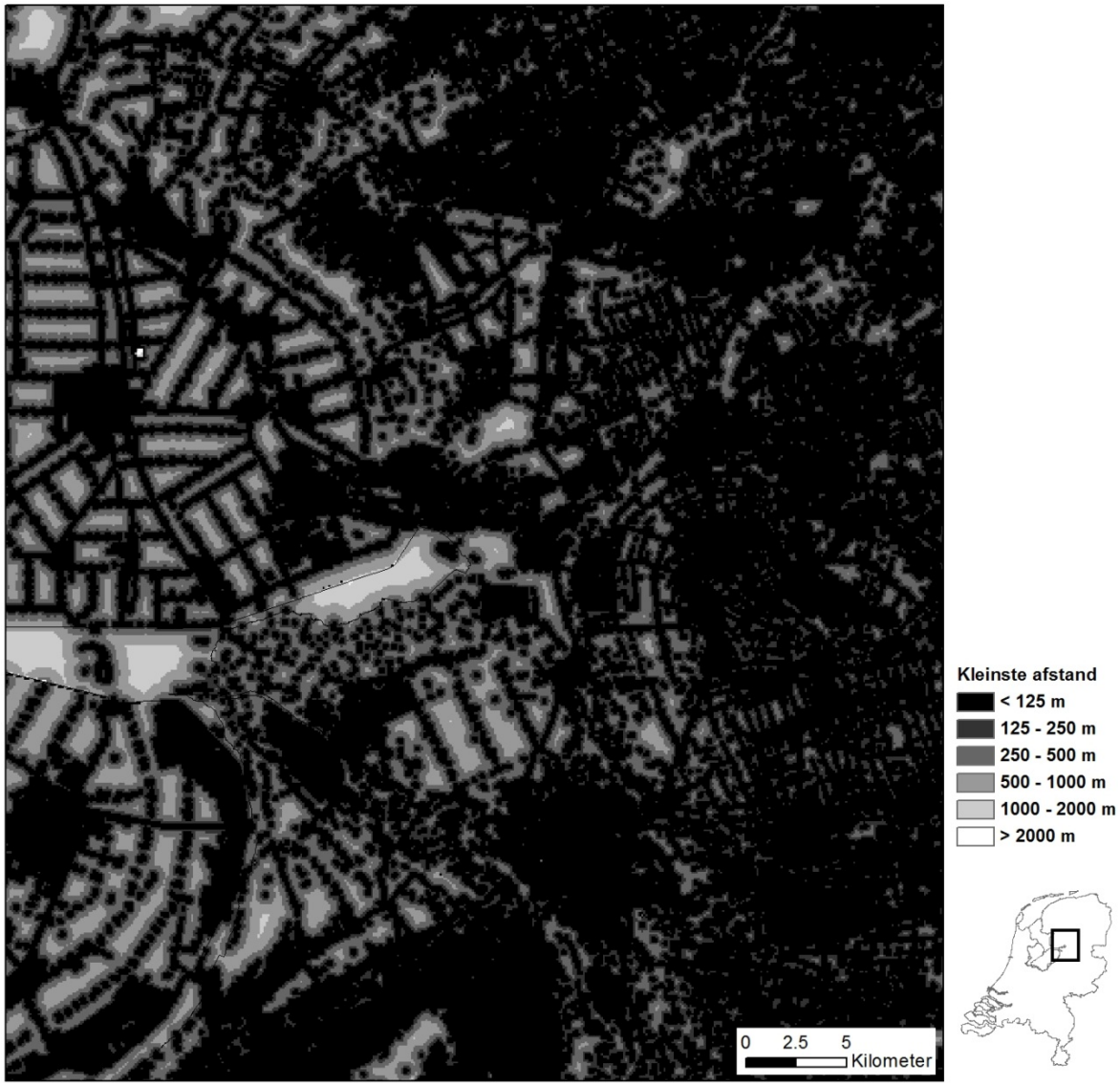
***Figuur 14**: Kortste zichtlijn omgeving Zwolle*

3.2.4 Kleinste afstand

Figuur 15 geeft een landsdekkend beeld van de kleinste afstand tot een opgaand element. De legenda wijkt af van die van de kortste en langste zichtlijn aangezien de maximale afstand hier gelijk is aan 2200 meter. Figuur 16 is een detailkaart van de omgeving van Zwolle. Ook hier valt de verhoging rechtsboven Emmeloord op.



***Figuur 15**: Kleinste afstand tot een opgaand element (landsdekkend)*



***Figuur 16**: Kleinste afstand tot een opgaand element (omgeving Zwolle)*

3.2.5 Toepassingsgebied en beperkingen

Bij het gebruik van de in dit hoofdstuk gepresenteerde kaarten moeten een aantal zaken in ogenschouw worden genomen.

Door de hoge resolutie waarmee de analyses zijn uitgevoerd, kan er vrij ver op de kaarten worden ingezoomd. De kaarten zijn echter niet bedoeld om detailsituaties te bestuderen, maar hebben tot doel een beeld te geven van de openheid op nationaal en regionaal niveau.

Het terreinhoogtebestand (AHN-1) is in bosgebieden en steden niet altijd even betrouwbaar. Verspreid over dit bestand komen pixels voor waar de hoogte van een gebouw of bos is weergegeven als de terreinhoogte. Op die plaatsen resulteert dit in grote oppervlaktes zichtbaar landschap en lange zichtlijnen. Het is daarom raadzaam om de in dit hoofdstuk gepresenteerde kaarten 'af te dekken' met bebouwing en bos zoals (deels) is gedaan met de openheidskaart die gepresenteerd is in het Compendium voor de Leefomgeving (CBS *et al.*, 2012). Dit moet met name gebeuren wanneer op de kaarten wordt ingezoomd. Dit probleem kan ook worden opgelost door voor cellen met afwijkende waardes een nieuwe waarde te berekenen op basis van de omliggende cellen.

In de directe omgeving van de grens met Duitsland en België zijn de berekende waardes minder betrouwbaar aangezien we niet de beschikking hadden over topografische informatie van beide

landen. De strook Noordzee die direct grenst aan het land is niet in de analyse meegenomen, in tegenstelling tot de Waddenzee, het IJsselmeer en de Zeeuwse wateren.

Aangezien de waterhoogten middels interpolatie zijn bepaald, is het mogelijk dat op meren en plassen is gerekend met niet correcte waterhoogtes. Dit kan in sommige gevallen afwijkende waardes voor de zichtbaarheid tot gevolg hebben.

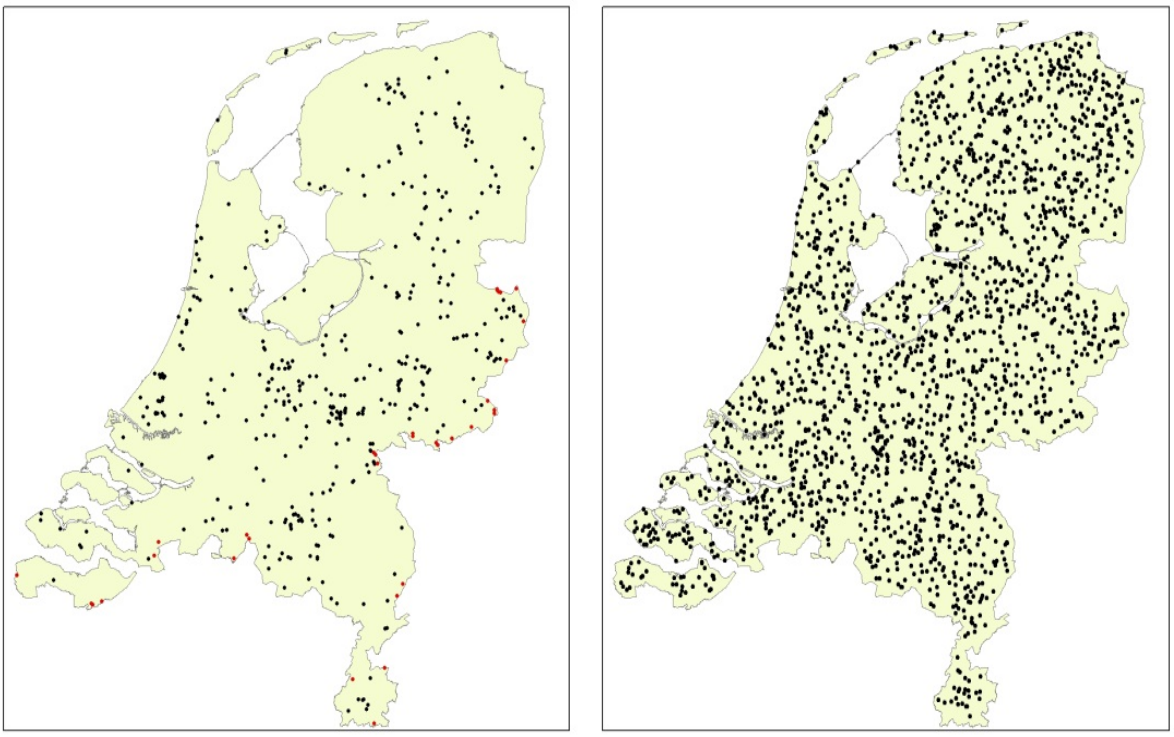
De hiervoor gepresenteerde kaarten zouden voor alle jaargangen van VIRIS gegenereerd kunnen worden. Dat wil niet zeggen dat er zomaar verschilkaarten gemaakt kunnen worden om de veranderingen in het landschap te monitoren. Daarvoor moet eerst met zekerheid vastgesteld kunnen worden dat de veranderingen in de bestanden voor het belangrijkste deel gevolg zijn van veranderingen in het landschap en niet van veranderingen in de manier waarop de data is verzameld en geclassificeerd. Daarnaast speelt dat van VIRIS sinds 2009 geen nieuwe versies zijn uitgekomen.

3.3 Legenda zichtbare oppervlakte

Om de legenda van de kaart met de zichtbare oppervlakte enigszins aan te laten sluiten bij de openheid zoals die wordt ervaren door de 'gebruiker' van het landschap hebben we een beperkt onderzoek uitgevoerd. Daarbij hebben we ons laten leiden door de term 'halfopen landschap' die onderzoekers veel gebruiken. We hebben mensen gevraagd naar wat zij een halfopen landschap vinden en gekeken of daaruit een logische legenda te destilleren valt.

3.3.1 Enquête

Voor de vraag naar halfopen landschap hadden we de beschikking over 5259 e-mailadressen van mensen die via de website www.daarmoetikzijn.nl hadden aangegeven dat ze benaderd mochten worden voor dit soort onderzoek. We hebben hun gevraagd om via Google Maps een plek in Nederland door te geven waarvan zij vinden dat het landschap ter plekke halfopen is. Door naar halfopen landschappen te vragen kunnen we in feite twee vragen beantwoorden. We komen zowel te weten waar de overgang ligt van open naar halfopen landschappen als van halfopen naar besloten landschappen. De exacte formulering van de vraag is te vinden in Bijlage 1.



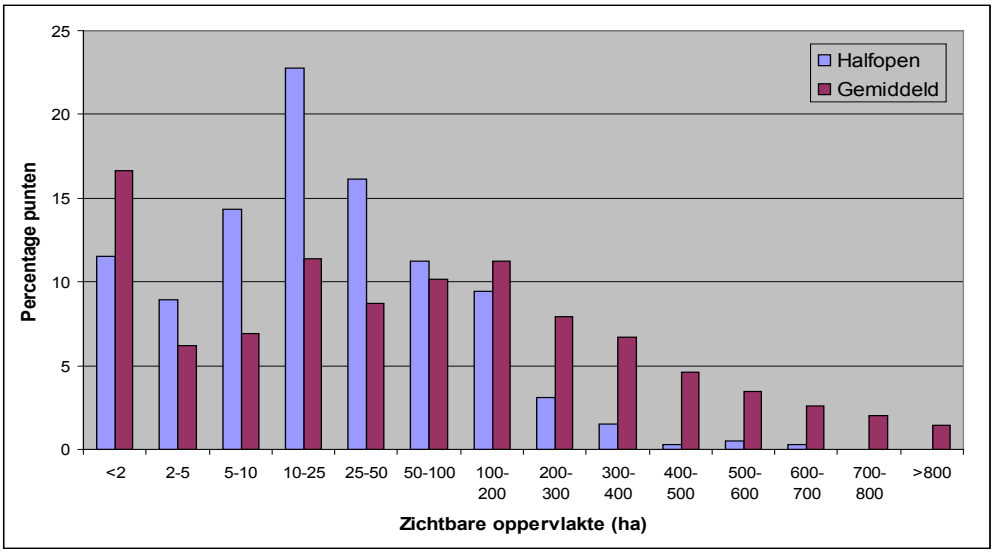
***Figuur 17**: Punten in halfopen landschap (links) en random punten*

Van de 5259 benaderden kregen we 739 reacties. Helaas heeft niet iedereen zich gehouden aan de gedetailleerd beschreven werkwijze waardoor het niet mogelijk was elk doorgegeven punt geautomatiseerd in te lezen. Het aantal punten dat geschikt was voor analyse bedroeg 438. Aangezien een aantal respondenten meerdere punten heeft doorgegeven is alleen gebruik gemaakt van het eerste doorgegeven punt. Daarnaast zijn de punten binnen 2200 meter (analyseafstand ingesteld in ViewScape) van de grens met het buitenland verwijderd. Uiteindelijk bleven er 391 punten over om te analyseren (Figuur 17 links).

Als het goed is wijkt de verdeling van de hoeveelheid zichtbaar landschap op de doorgegeven punten af van de verdeling over heel Nederland. We verwachten een ondervertegenwoordiging van besloten en zeer open landschappen en een oververtegenwoordiging van de landschappen daar tussenin. De verdeling van de openheidsklassen over heel Nederland is bepaald met behulp van 2000 random punten (Figuur 17 rechts). Daarbij is een afstand van 2200 meter tot de grens aangehouden.

3.3.2 Analyse

Na transformatie van de WGS84-projectie naar het rijksdriehoeksstelsel en een controle op de correcte ligging van een vijftal punten is voor elk punt berekend hoe groot de oppervlakte zichtbare ruimte ter plekke is. Hetzelfde is gedaan voor de 2000 random punten in Nederland. We hebben voor deze analyse alleen de door ViewScape berekende zichtbare oppervlakte gebruikt. De langste en kortste zichtlijn en de kortste afstand tot een opgaand element zijn niet gevalideerd en veel gevoeliger voor fouten. Figuur 18 laat zien dat de zichtbare oppervlakte in halfopen landschappen duidelijk afwijkt van de gemiddelde situatie in Nederland. Daarmee kunnen we stellen dat de respondenten niet 'zomaar wat in de kaart hebben zitten prikken'. Grofweg kunnen we stellen dat in halfopen landschappen tot 200, misschien 300 ha kan worden overzien.



Figuur 18: *Zichtbare oppervlakte in halfopen en gemiddeld landschap*

In Figuur 18 is ook te zien dat vrij veel punten een zeer kleine zichtbare oppervlakte hebben wat niet in overeenstemming lijkt met de vraagstelling. Dit kan verschillende oorzaken hebben:

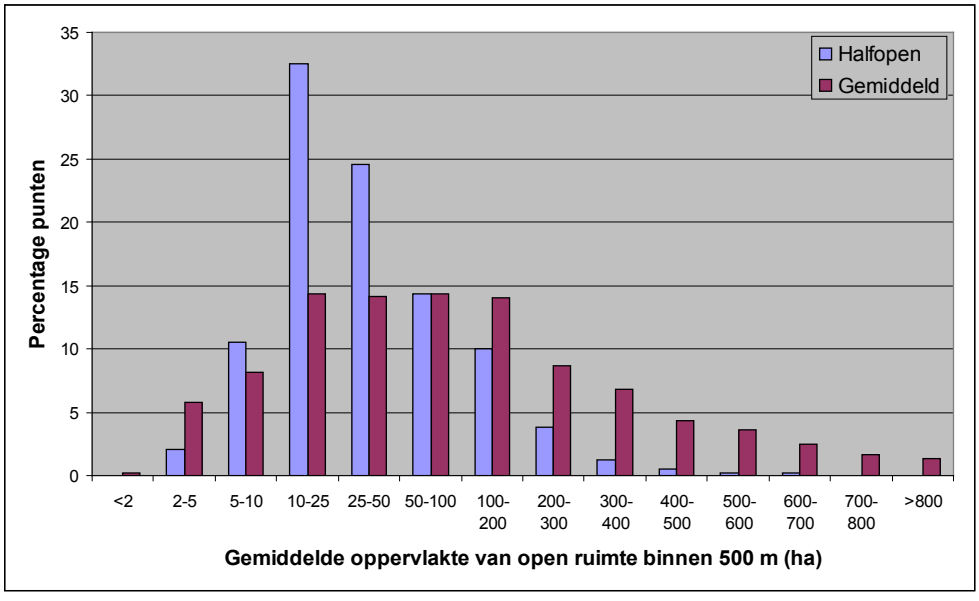
- bomenrijen worden in de analyse als ondoorzichtig beschouwd, maar niet als zodanig ervaren (Figuur 19, linker twee foto's);
- er zijn mensen die ondanks de nauwkeurige formulering, het landschap van bovenaf hebben bekeken (Figuur 19, derde foto);
- door verrastering en kleine afwijkingen in de transformatie van WGS84 naar het rijksdriehoeks-stelsel kunnen punten in opgaande elementen terechtkomen. ViewScape is zo geprogrammeerd dat vanuit de rand van een opgaand element een aangrenzende ruimte kan worden overzien, maar het blijft mogelijk dat punten net in een gesloten ruimte terechtkomen (Figuur 19, rechter twee foto's).

Figuur 19: *Punt tussen bomenrijen en hetzelfde punt 'afgeknepen' in de basiskaart van ViewScape (linker twee foto's). Punt in bos. Punt net niet in open ruimte (rechter twee foto's).*

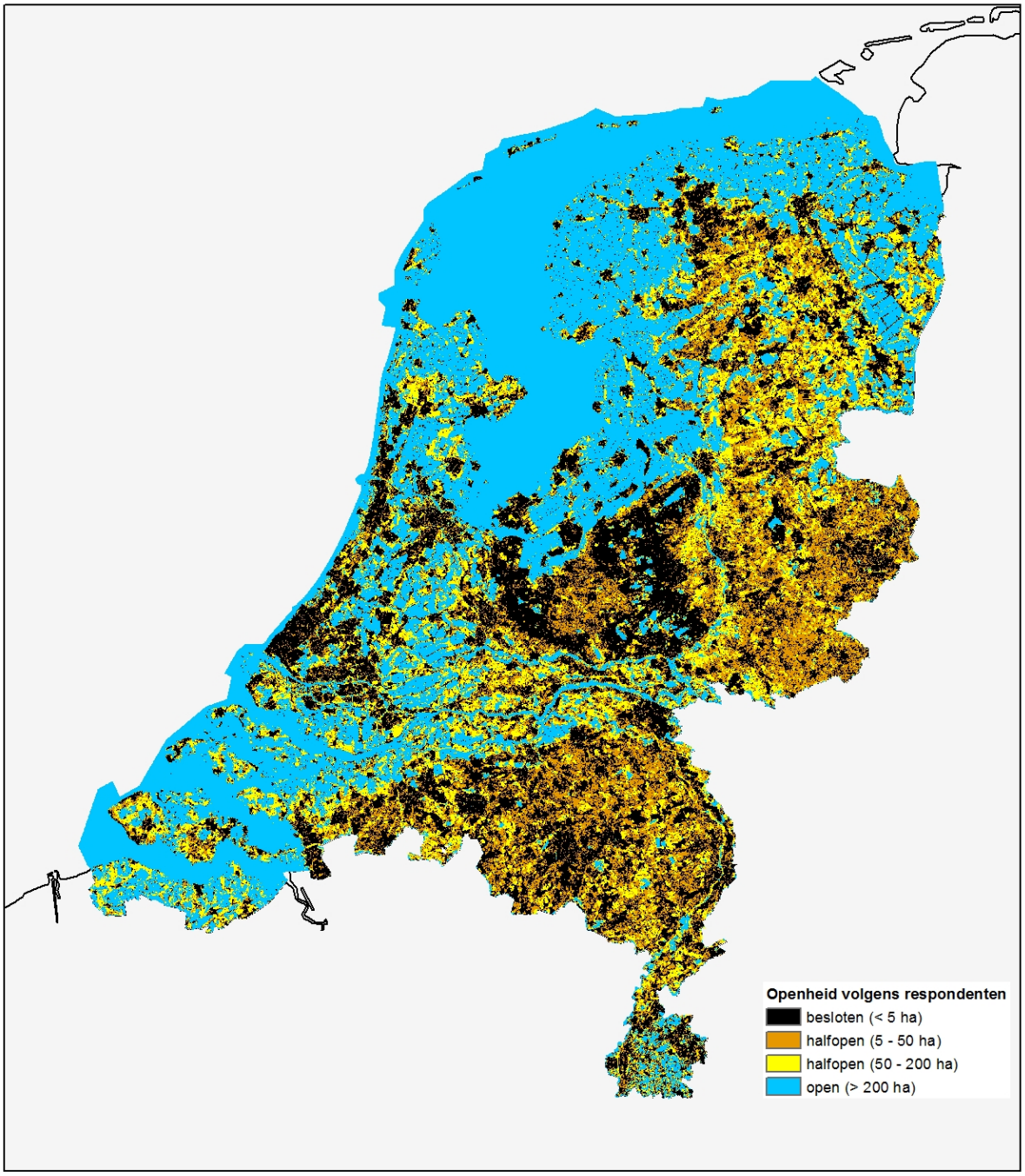
De hiervoor genoemde problemen kunnen we omzeilen door naar de resultaten van ViewScape rondom elk punt te kijken. We hebben de gemiddelde oppervlakte van alle open ruimten groter dan een hectare binnen een straal van 500 meter berekend (Figuur 20). Wellicht bekijken we hiermee het landschap zoals de meeste respondenten het hebben gezien.

De verdeling die we nu te zien krijgen lijkt goed bruikbaar om de halfopen landschappen te typeren. De ruimtes in halfopen landschappen liggen tussen 5 en 200 hectare (93 % van de punten) met een zwaartepunt tussen 10 en 100 hectare (71% van de punten).

Delen we Nederland op in open, halfopen en besloten landschappen volgens de hierboven genoemde grenzen, dan krijgen we een enigszins bevreemdend beeld. Grote delen van zuid en oost Nederland (oranje in Figuur 21) vallen in de categorie halfopen terwijl ze veelal tot de besloten landschappen worden gerekend. Hiermee wordt duidelijk dat het veiliger is om een legenda te presenteren op basis van meetbare ruimtelijke maten dan een op basis van subjectieve beoordelingen.



Figuur 20*: Gemiddelde oppervlakte van open ruimte binnen 500 meter in halfopen en gemiddeld landschap*

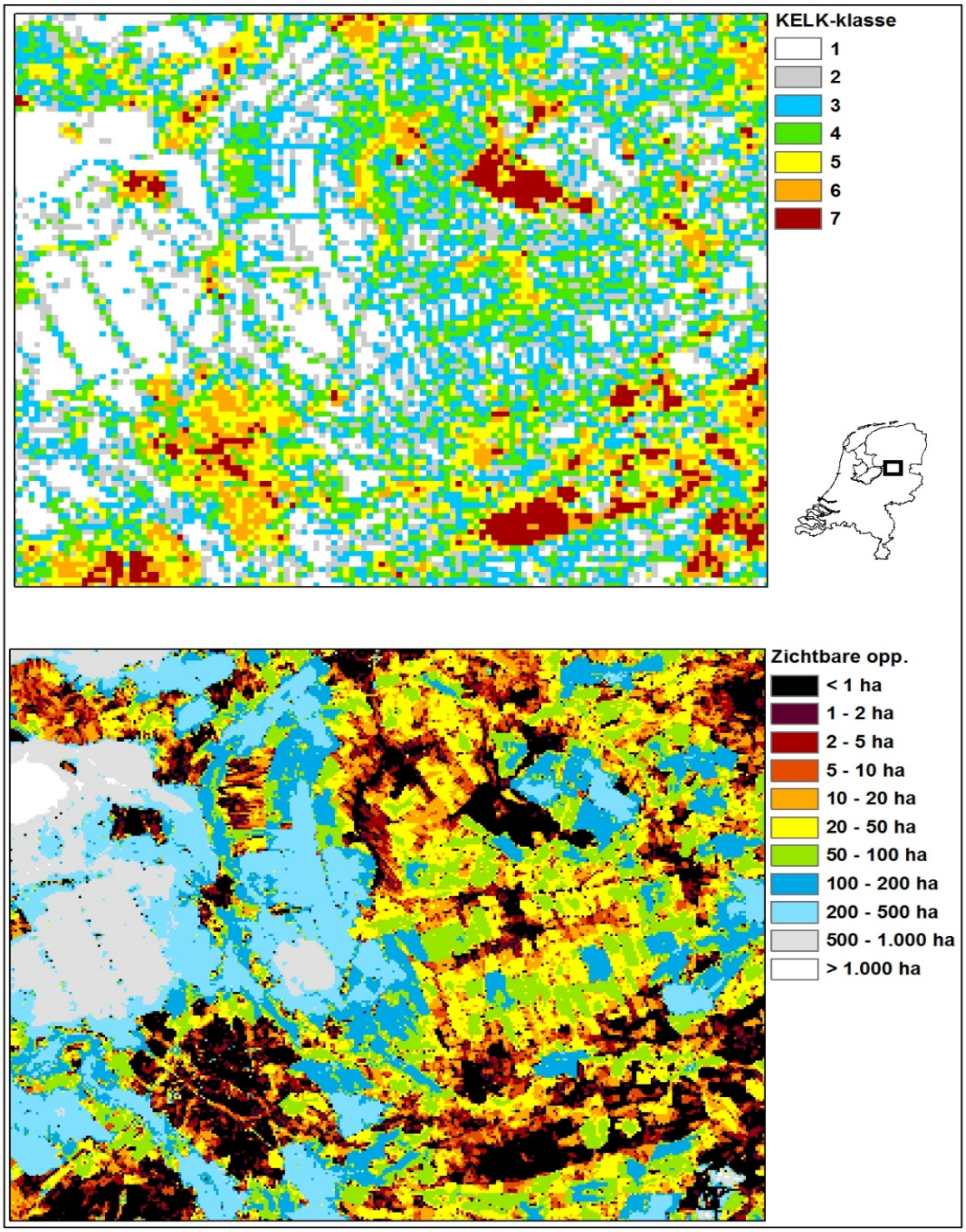


***Figuur 21**: Open, halfopen en besloten volgens respondenten*

3.4 Vergelijking met KELK

In dit onderzoek wilde we te weten komen of met behulp van ViewScape de openheid van het Nederlandse landschap beter kon worden bepaald dan tot nu toe met het model KELK mogelijk was. De belangrijkste pijnpunten van KELK zijn:

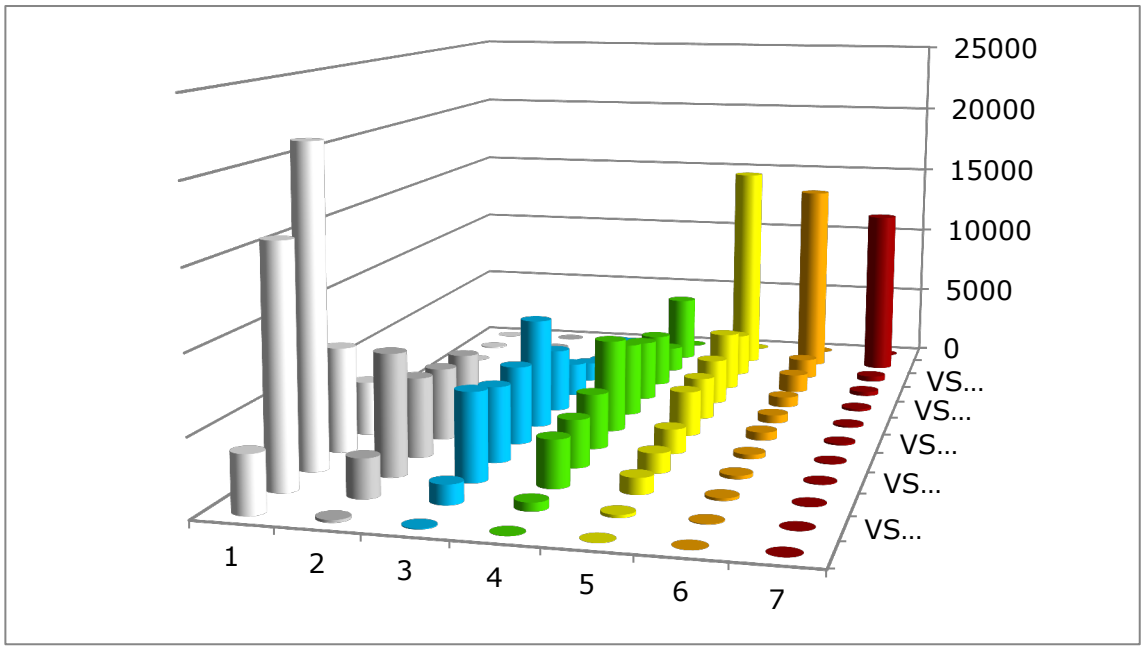
- gebrek aan detail (o.a. open en besloten gebieden middelen uit in cellen van 250 m);
- beperkte differentiatie in (zeer) open gebieden;
- reliëf heeft geen effect;
- grenzen tussen openheidsklassen moeilijk te onderbouwen;
- legenda heeft geen eenheden.



***Figuur 22**: Vergelijking KELK en ViewScape*

In Figuur 23 worden voor eenzelfde gebied de KELK-klassen en de oppervlakten zichtbaar landschap volgens ViewScape getoond. De kleuren in beide kaartjes zijn niet een op een met elkaar te vergelijken. Aangezien de legenda van KELK geen eenheid heeft, is het niet mogelijk de legenda-eenheden op elkaar af te stemmen. De legenda van ViewScape is op elk gewenst moment in te perken of uit te breiden. Dat laatste is met KELK een stuk ingewikkelder aangezien daarvoor het model zelf moet worden aangepast.

De grotere mate van detail op de output van ViewScape valt direct op; afzonderlijke open ruimten zijn direct herkenbaar. Kijken we iets nauwkeuriger naar de kaarten dan zien we dat binnen een enkele schaalklasse in KELK meerdere oppervlakteklassen van ViewScape voorkomen. Dit wordt niet alleen veroorzaakt door het feit dat er meer ViewScape-klassen zijn. In Figuur 23 is te zien wat de winst aan detail betekent voor de oorspronkelijke KELK-klassen (1 t/m 7, van open naar gesloten). Per KELK-klasse is weergegeven welke oppervlakte (km^2) van de ViewScape-klassen (VS 1 t/m 11, van gesloten tot open) erin voorkomt. Met name de open KELK-klassen (1 t/m 5) winnen aan detail.



Figuur 23: *Oppervlakte (km^2) in KELK-klassen (1 t/m 7) en ViewScape-klassen (1 t/m 11)*

De grote mate van detail in de output van ViewScape is onafhankelijk van het model zelf. Het is afhankelijk van de resolutie van de inputbestanden en het aantal analysepunten. Zonder ViewScape zelf aan te passen kunnen dus ook regionale of lokale analyses worden gedaan met een hogere resolutie. Ook landelijke analyses met een hogere resolutie behoren tot de mogelijkheden, maar daarbij is het mogelijk dat de analysetijd een beperkende factor wordt.

De output van ViewScape heeft door het hogere detailniveau ook een aantal nadelen. Met name in de directe omgeving van verspreide bebouwing ontstaat een min of meer grillig patroon van cellen met sterk wisselende oppervlakten zichtbare ruimte. Hoe dat patroon verloopt wordt bepaald door de (toevallige) ligging van de analysepunten. Met name bij het inzoomen op de kaart zou het handig zijn om geïsoleerde cellen met sterk afwijkende waarden uit te filteren. Voor landsdekkende kaarten speelt dit probleem minder.

4 Gevoeligheid en validatie

4.1 Gevoeligheid

De uitkomst van ViewScape is gevoelig voor de betrouwbaarheid van de topografische kaarten die ten grondslag liggen aan de basiskaart, de criteria die zijn gebruikt om de basiskaart op te bouwen en instellingen van de parameterwaarden van ViewScape. In dit hoofdstuk proberen we erachter te komen welk aspecten het meest bepalend zijn voor de betrouwbaarheid van de kaart met oppervlakten zichtbaar landschap.

4.1.1 Betrouwbaarheid TOP10

We hebben geen invloed op de inhoud van topografische informatie, maar dat wil niet zeggen dat we onze ogen kunnen sluiten voor de betrouwbaarheid ervan. Een enkel object in het terrein heeft zijn invloed op de openheid van de wijde omgeving. Fouten op de kaart gaan dus verder dan alleen het object zelf. Zitten er te veel fouten in de topografische informatie, dan is een kaart die de oppervlakte van het zichtbare landschap weergeeft onbruikbaar. Alterra-stagiair Ivan Crespo Zapata heeft zeer gedegen uitgezocht hoe betrouwbaar TOP10vector (2006) is. We gaan ervan uit dat TOP10NL (2009) minimaal even betrouwbaarheid is. Deze paragraaf is een samenvatting van Crespo Zapata's onderzoek. Een uitgebreidere beschrijving is te vinden in Crespo Zapata(2010).

Methode
Als je de TOP10Vector wilt controleren op zijn betrouwbaarheid is een databron nodig die de werkelijkheid beschouwt. Crespo Zapata heeft daarvoor luchtfoto's genomen die zo dicht mogelijk bij de opnamedatum van de topografische informatie liggen. Vervolgens heeft hij honderd willekeurige transecten van 2000 meter lengte getrokken en gekeken waar die een vlak-, lijn- of puntobject snijden op de topografische kaart of op de luchtfoto. Er is alleen gekeken naar opgaande groene elementen aangezien TOP10Vector op dit punt het meest onbetrouwbaar is. Voor elke intersectie tussen transect en een opgaand groen element op de luchtfoto of TOP10Vector is een record aangemaakt in een tabel en gescoord of op de betreffende locatie in beide bestanden hetzelfde type object te vinden is. Zo niet, dan is het gelabeld als een fout. Elk transect levert dus meerdere steekproefpunten op.

Op een luchtfoto is niet altijd precies te zien met wat voor type object je te maken hebt. Alleen punten waarvoor dit het geval was zijn apart gelabeld en buiten verdere analyse gehouden.
Na de eerste honderd transecten heeft Crespo de betrouwbaarheid van TOP10Vector berekend. Vervolgens heeft hij vijftig nieuwe transecten toegevoegd en opnieuw de betrouwbaarheid berekend. Deze werkwijze is herhaald totdat na 500 transecten en 3090 steekproefpunten de berekende betrouwbaarheid zich stabiliseerde.

Resultaten
Tabel 4 is een overzicht van de fouten die Crespo Zapata heeft gevonden. In de rijen staan de elementen die op de topografische kaart zijn aangetroffen en in de kolommen die van de luchtfoto. Aangezien punt-elementen niet worden meegenomen bij het maken van de basiskaart voor ViewScape zijn wij met name geïnteresseerd in de resultaten voor de lijnen en de vlakken. Uit Tabel 4 blijkt dat van de 894 steekproefpunten op een lijnelement van TOP10Vector 815 keer ook daadwerkelijk een correspon-derend lijnelement op de luchtfoto is aangetroffen, een betrouwbaarheid van 91,2%. Aan de andere kant waren er 933 intersecties met een lijnelement op de luchtfoto waarvan er 815 als zodanig op TOP10Vector werden aangetroffen; een betrouwbaarheid van 87,4 %. Voor polygonen is respectievelijk een betrouwbaarheid van 96,7 % en 95,9 % gevonden.

Bij het berekenen van de oppervlakte zichtbaar landschap is het op zich geen probleem als een vlakelement in het veld als lijnelement op de kaart staat of andersom, maar in Tabel 4 is te zien dat

dit soort fouten niet vaak voorkomt. We zullen het dus moeten doen met een gemiddelde betrouwbaarheid voor polygonen van ruim 96 % en voor lijnen van ruim 89 %.

Wat de berekende betrouwbaarheid precies betekent voor de uitkomsten van ViewScape is niet te zeggen. Het maakt namelijk nogal uit in welk type landschap een element door TOP10Vector wordt gemist of onterecht op de kaart staat. In open landschappen heeft zo'n fout grote gevolgen voor de berekende oppervlakte zichtbaar landschap. In besloten landschappen is het effect waarschijnlijk heel klein aangezien de kans minder groot is dat door een fout op de kaart de zichtbare oppervlakte in een andere klasse terechtkomt.

Al met al kunnen we stellen dat TOP10Vector van 2006 betrouwbaar genoeg is om oppervlaktes zichtbaar landschap landsdekkend te berekenen. Er is geen reden om aan te nemen dat latere Top-10 producten minder betrouwbaar zullen zijn.

Tabel 4

Foutenmatrix TOP10Vector

		Luchtfoto						
		Punt	*Vlak*	*Lijn*	*Fout*	*Totaal*	*Op kaart en op foto*	*Op kaart, niet als zodanig op foto*
TOP10 Vector	Punt	128	3	9	5	145	88.3%	11.7%
	Vlak	3	1615	2	50	1670	96.7%	3.3%
	Lijn	2	3	815	74	894	91.2%	8.8%
	Fout	118	63	107		288		
	Totaal	251	1684	933	129	2997		
	Op foto en op kaart	51.0%	95.9%	87.4%				
	Op foto, niet als zodanig op foto	49.0%	4.1%	12.6%				

Monitoring

Dat TOP10-producten van 2006 en later voldoende betrouwbaar zijn om landsdekkende analyses uit te voeren wil nog niet zeggen dat ze geschikt zijn voor monitoring. Hierbij komt de nadruk namelijk te liggen op de verschillen en die kunnen worden veroorzaakt door verbeteringen in de bestanden. Alleen wanneer het aantal verbeteringen in de bestanden ver achter blijft bij het aantal veranderingen in het landschap kan een betrouwbare monitoring worden uitgevoerd. In geval van monitoring zit er weinig anders op dan het resultaat te valideren aan de hand van luchtfoto's.

Bij wijze van test hebben we een analyse uitgevoerd voor de jaren 2000 en 2009. Daaruit bleek dat in een groot deel van Nederland de oppervlakte zichtbaar landschap was afgenomen. Controle van de luchtfoto's op een tiental plekken liet zien dat veel opgaande objecten die alleen op de kaart van 2009 staan ook op de luchtfoto's van 2003 zichtbaar zijn. De kans is groot dat veel van die objecten ook al in 2000 bestonden.

4.1.2 Basiskaart grondgebruik

Hoe de basiskaart er uiteindelijk komt uit te zien is afhankelijk van de resolutie en criteria die worden gehanteerd voor de grondgebruikstypen. De gevoeligheid op deze punten wordt hieronder behandeld.

Resolutie

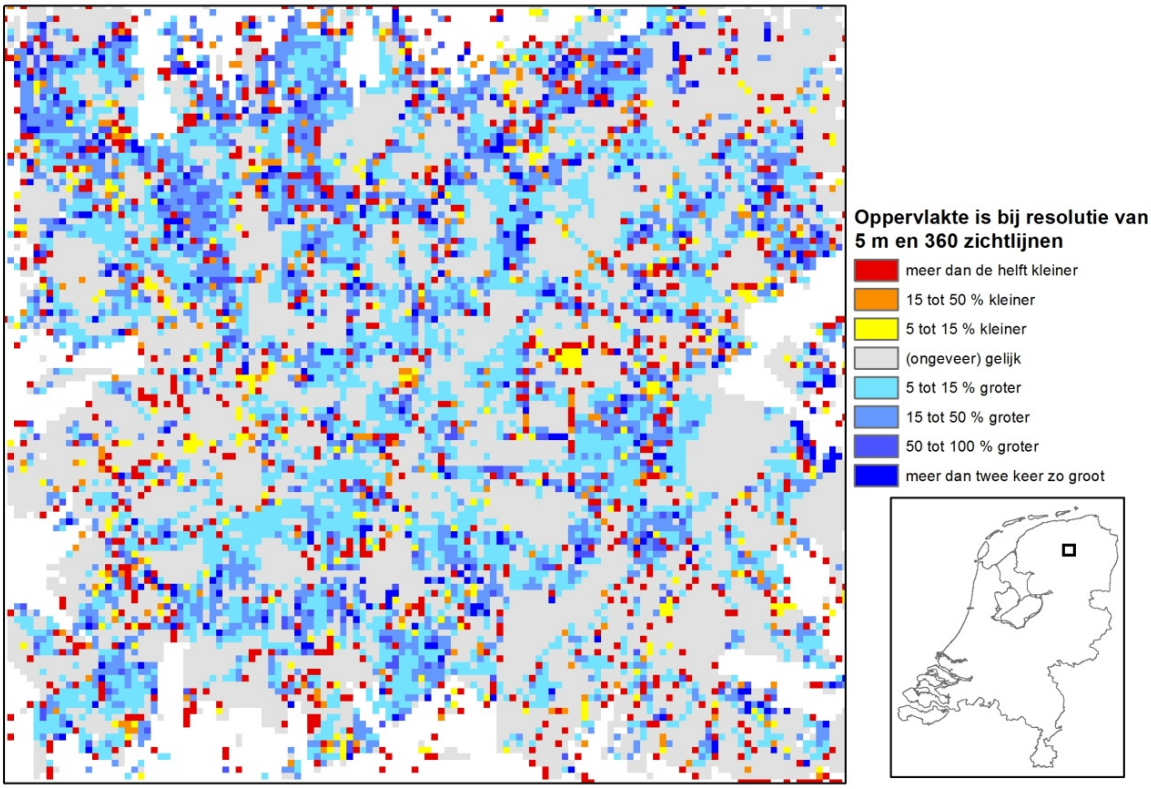
Hoe hoger de resolutie van een ruimtelijk bestand des te nauwkeuriger de ruimte kan worden beschreven. Hoge resolutie betekent echter ook veel rekentijd en voorlopig lijkt op dit punt voor landsdekkende analyses een resolutie van minder dan 25 meter niet haalbaar. Een analyse op een deelgebied van Nederland moet ons uitsluitsel geven over het effect van resolutie.

Voor een deelgebied in de omgeving van Haulerwijk (zie par. 4.2.3) hebben we ViewScape gedraaid met een resolutie van 5 meter in plaats van 25. Het resultaat is weergegeven in Figuur 24. We zien dat in een groot deel van het gebied de zichtbare oppervlakte bij een resolutie van 5 meter ongeveer gelijk blijft of 5 tot 15 % toeneemt. De toename van de oppervlakte heeft een aantal oorzaken:

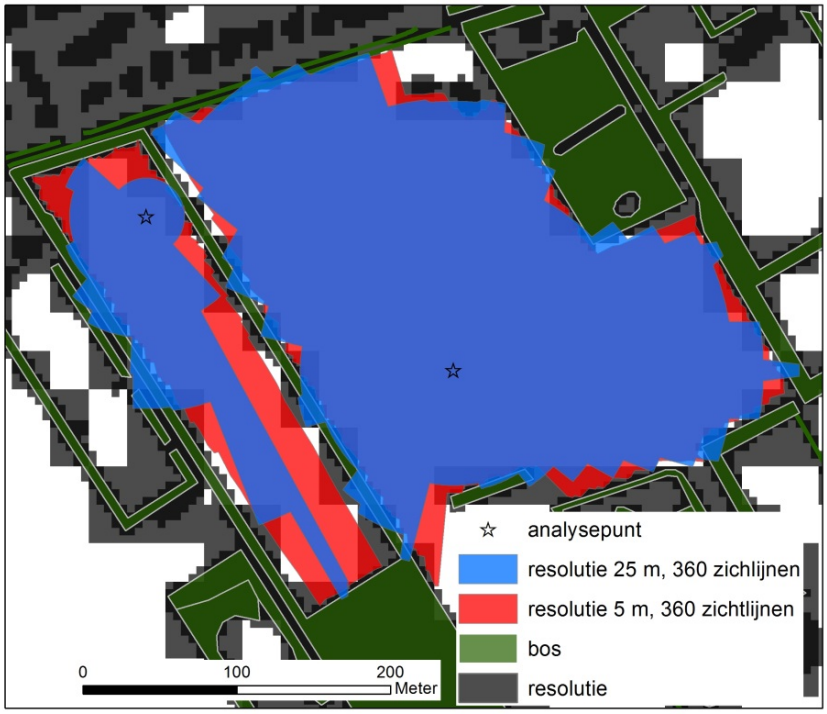
- met een hogere resolutie wordt het merendeel van de openingen in het landschap ruimer aangezien we er bij de lagere resolutie voor hebben gekozen cellen die voor (ruim) minder dan de helft gevuld zijn toch als gesloten te beschouwen. Door een grotere opening is meer van het erachter gelegen landschap te zien (zie Figuur 25 en paragraaf 4.2.4, Figuur 36 boven en Figuur 39) ;
- met een hogere resolutie wordt de ruimte nauwkeuriger beschreven en gaat minder ruimte verloren aan cellen die anders slechts voor een deel gevuld zijn met opgaande elementen (Figuur 25);

Verspreid over het gebied liggen veel punten waar de berekende oppervlakte bij een hogere resolutie juist aanzienlijk kleiner wordt. Dit wordt veroorzaakt door het feit dat bij een hogere resolutie analysepunten buiten gesloten cellen kunnen komen te liggen, waar ze bij de lage resolutie er nog in lagen (zie voor verdere uitleg paragraaf 4.2.4 en Figuur 36 onder). Het kan ook zijn dat op die plaatsen bij een lagere resolutie stukjes bomenrij of heg (korter dan 11 meter; zie criteria) buiten de gesloten cellen uitsteken, terwijl ze bij een hogere resolutie wel worden gedetecteerd. Alleen wanneer dit soort stukjes onder een bepaalde hoek worden aangesneden (ongeveer evenwijdige aan de zijde van de cel waar hij uitsteekt) resulteren ze in een kleinere oppervlakte bij een hogere resolutie. Vaak wordt dit teniet gedaan op andere plekken in dezelfde ruimte waar de hogere resolutie juist zorgt voor een toename van de zichtbare oppervlakte.

Op een aantal plekken in de kaart zijn de oppervlaktes bij een hogere resolutie 5 tot 15 % kleiner over meerdere aaneengesloten cellen. Deze liggen in de buurt van vlakvormige objecten (grote gebouwen en bossen) die we middels de hiervoor beschreven criteria geprobeerd hebben zo goed mogelijk te beschrijven. In sommige gevallen betekent dit dat ze met een resolutie van 5 meter meer ruimte in beslag nemen dan met een resolutie van 25 meter. De berekende zichtbare oppervlakte wordt dan dus kleiner.

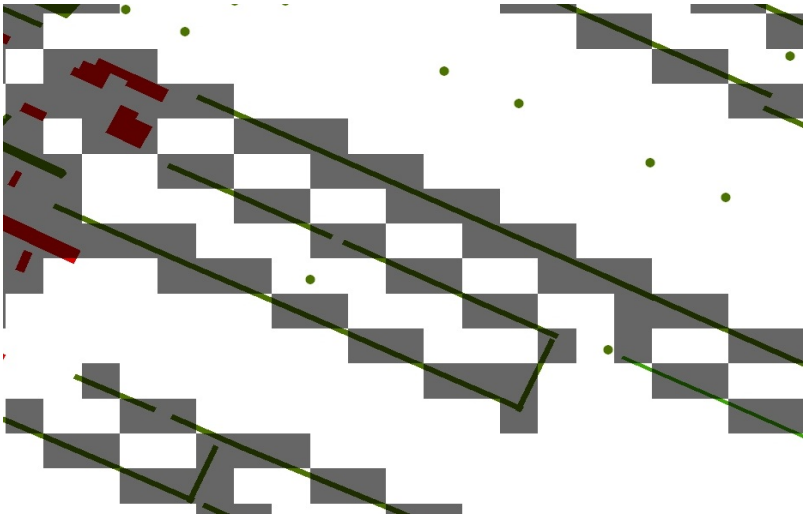


***Figuur 24**: Toe- of afname zichtbare oppervlakte bij resolutie van 5 meter*



Figuur 25: *Twee zichtvlakken bij twee resoluties; bij een hogere resolutie worden zichtvlakken groter*

Er zijn specifieke landschappen in ons land waar de mate van openheid bij een resolutie van 25 meter minder goed te berekenen valt. Waar bomenrijen en bosstroken op ongeveer twee maal de resolutie (50 meter) van elkaar vandaan liggen gaan de cellen elkaar diagonaal raken met als gevolg dat de erachter liggende ruimte als onzichtbaar wordt beschouwd (Figuur 26).



Figuur 26*: Smalle open ruimtes 'slibben' dicht*

Criteria grondgebruik

Hoe de uiteindelijke basiskaart eruit komt te zien is erg afhankelijk van de in paragraaf 2.2.3 beschreven criteria. Door de criteria licht te wijzigen zal de kaart er steeds anders uitzien. De juiste instellingen zijn echter vrij goed te beredeneren en het heeft weinig zin om de gevoeligheid op dit punt te testen. Stel je bijvoorbeeld als eis dat 1 meter bomenrij al genoeg is om de cel als dicht te beschouwen, dan heeft dat tot gevolg dat alle bomenrijen die ergens in een cel eindigen in feite worden verlengd tot de rand van de cel. De hele cel wordt immers als bomenrij getypeerd. Het omgekeerde is ook het geval. Als we vinden dat een cel voor minimaal de resolutie gevuld moet zijn met bomenrij, dan worden alle bomenrijen korter en verdwijnen bovendien heel veel cellen die diagonaal worden aangesneden. De beste keuze ligt dus in het midden van de uitersten: 12,5 meter bij een resolutie van 25 meter.

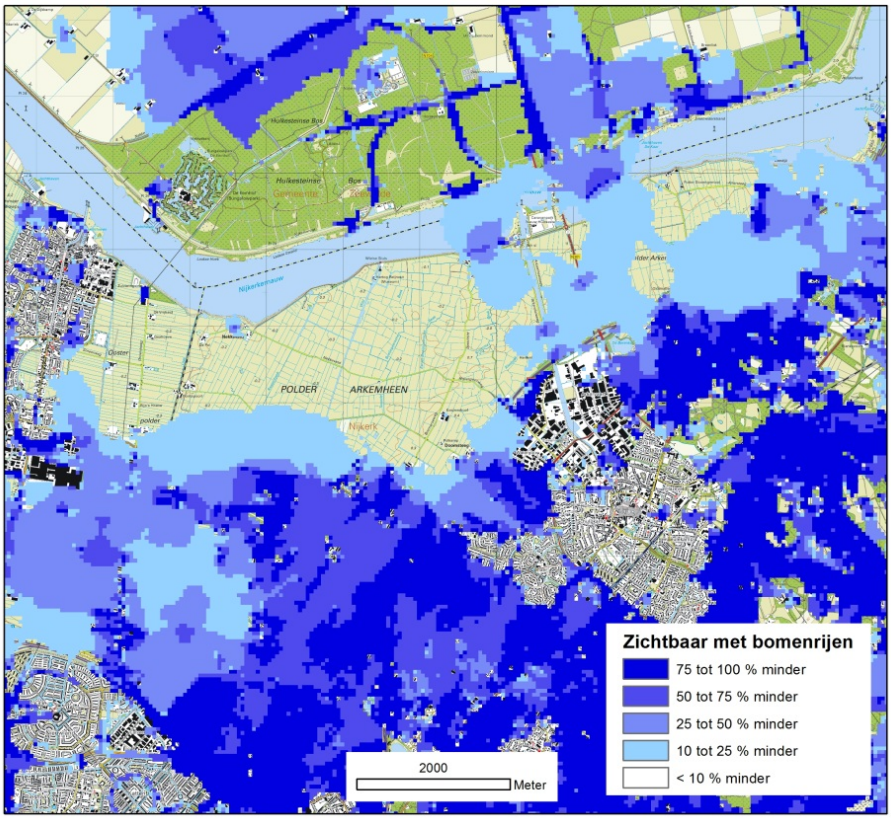
Een vergelijkbare redenering gaat op voor bosstroken. Vanaf drie meter breedte kunnen bosstroken als polygoon zijn weergegeven. Bij een lengte van 12,5 meter komt dit dus overeen met 37,5 m^2 in de cel. Is een bepaalde bosstrook geen 3 meter breed, maar 10, dan betekent dit dat er slechts 3,75 meter in een cel hoeft te liggen om als gesloten te worden gezien. Vrij grote onderbrekingen tussen bosstroken kunnen dus dichtslibben als de ene strook nog enkele meters in een cel ligt en in een aangrenzende cel ook slechts enkele meters ligt van een nieuwe bosstrook. In het ergste geval kunnen openingen van bijna 50 meter als gesloten worden gezien. Het criterium verhogen is echter geen optie omdat dit tot gevolg heeft dat complete bosstroken van 3 meter breed uit het landschap zullen verdwijnen.

Voor randen van bos- of bebouwingscomplexen heeft het ook niet veel zin om aan de criteria te sleutelen. Een cel ligt aan de rand van een complex als minimaal één aangrenzende cel geheel gevuld is en het is dan logisch om als eis te stellen dat minimaal de helft van de cel gevuld moet zijn om als gesloten beschouwd te worden. Op deze manier zal de werkelijke oppervlakte van een open plek in bos het best worden benaderd.

We hebben ervoor gekozen om overig bodemgebruik niet mee te nemen in de basiskaart. We gaan er namelijk vanuit dat dit type voor een groot deel wordt afgedekt door de bebouwing die er bijna altijd op aanwezig is, inclusief de 'overdrijving' die het gevolg is van het meenemen van hele cellen (625 m^2 per cel) wanneer minimaal 31 m^2 van de cel bebouwd is. Toch kan het geen kwaad om te onderzoeken of dit daadwerkelijk het geval is.

Effect bomenrijen

Het wel of niet meenemen van bomenrijen heeft verreweg de grootste invloed op de berekende zichtbare oppervlaktes (Figuur 27). In door bomenrijen doorsneden gebieden worden open ruimtes opgedeeld in kleinere compartimenten.



***Figuur 27**: Afname zichtbare oppervlakte na het meenemen van bomenrijen (omgeving Nijkerk)*

Tot nu toe is altijd gerekend met bomenrijen die het zicht volledig belemmeren. Bomenrijen zijn echter nogal doorzichtig en eigenlijk zouden we daar iets mee moeten doen. Mogelijke oplossingen zijn:

- In GIS proberen om cellen in bomenrijen alternerend aan en uit te zetten. Dit heeft een paar grote voordelen:
  - ViewScape hoeft niet te worden aangepast;
  - Schuin aangesneden bomenrijen worden minder doorzichtig dan loodrecht aangesneden bomenrijen.

- We rekenen heel Nederland twee keer door, één keer met bomenrijen en één keer zonder. Op grond van het resultaat met bomenrijen maken we een indeling in bijvoorbeeld tien openheid-klassen. Binnen die klassen kijken we naar het verschil met de analyse waarin bomenrijen zijn weggelaten. Op de plaatsen waar er geen verschil is blijft de classificatie hetzelfde. Waar de openheid significant is toegenomen passen we de classificatie aan. Daarvoor moeten we de lege ruimtes in een tabel zoals weergegeven in Tabel 5 een waarde geven.

- Met de hierboven genoemde methode wordt geen verschil gezien tussen enkele of meerdere bomenrijen. Dit zou kunnen worden opgelost door eerst de analyse met bomenrijen te doen en vervolgens in een analyse zonder bomenrijen ViewScape voor het zichtvlak van elk analysepunt de gemiddelde oppervlakte te berekenen van de ruimtes uit de analyse met bomenrijen.

- ViewScape zodanig aanpassen dat de oppervlakte die achter een bomenrij ligt nog maar voor x % meetelt en bij een tweede bomenrij nog maar voor y %.

- Mate van doorzichtigheid bomenrijen onderzoeken. Het probleem daarbij is dat de doorzichtigheid nogal varieert. Op de Topografische kaart wordt geen onderscheid gemaakt tussen jonge en oude bomenrijen en we weten ook niet om welke boomsoorten het gaat dus we kunnen dan ook alleen maar werken met een gemiddelde doorzichtigheid. Hoe nemen we de mate van doorzichtigheid mee in ViewScape?

Tabel 5

Mogelijke combinaties van openheidsklasses bij analyses met en zonder bomenrijen

Met/Zonder	<2	2-5	5-20	20-50	50-100	100-200	200-500	500-1000	1000-1500	>1.5K
1 (< 5 ha)	1									
2 (5-25 ha)	-	2								
3 (25-50 ha)	-	-	3							
4 (50-100 ha)	-	-	-	4						
5 (100-250 ha)	-	-	-	-	5					
6 (250-500 ha)	-	-	-	-	-	6				
7 (500- 750 ha)	-	-	-	-	-	-	7			
8 (750-1000 ha)	-	-	-	-	-	-	-	8		
9 (1000-1500 ha)	-	-	-	-	-	-	-	-	9	
10 (>1500 ha)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10

4.1.3 Basiskaart terreinhoogte

Bij het samenstellen van de basiskaart terreinhoogte vanuit AHN hadden we met een aantal problemen te maken. Die hebben we deels op kunnen lossen (zie par. 2.2.5). Nu we bij het berekenen van de openheid rekening kunnen houden met reliëf, zou het goed zijn om te analyseren hoe gevoelig de uitkomst is voor de in te stellen maximale kijkhoek. Naar alle waarschijnlijkheid zal er alleen een effect zijn in de reliëfrijke gebieden en in de directe omgeving van dijken.

4.1.4 ViewScape

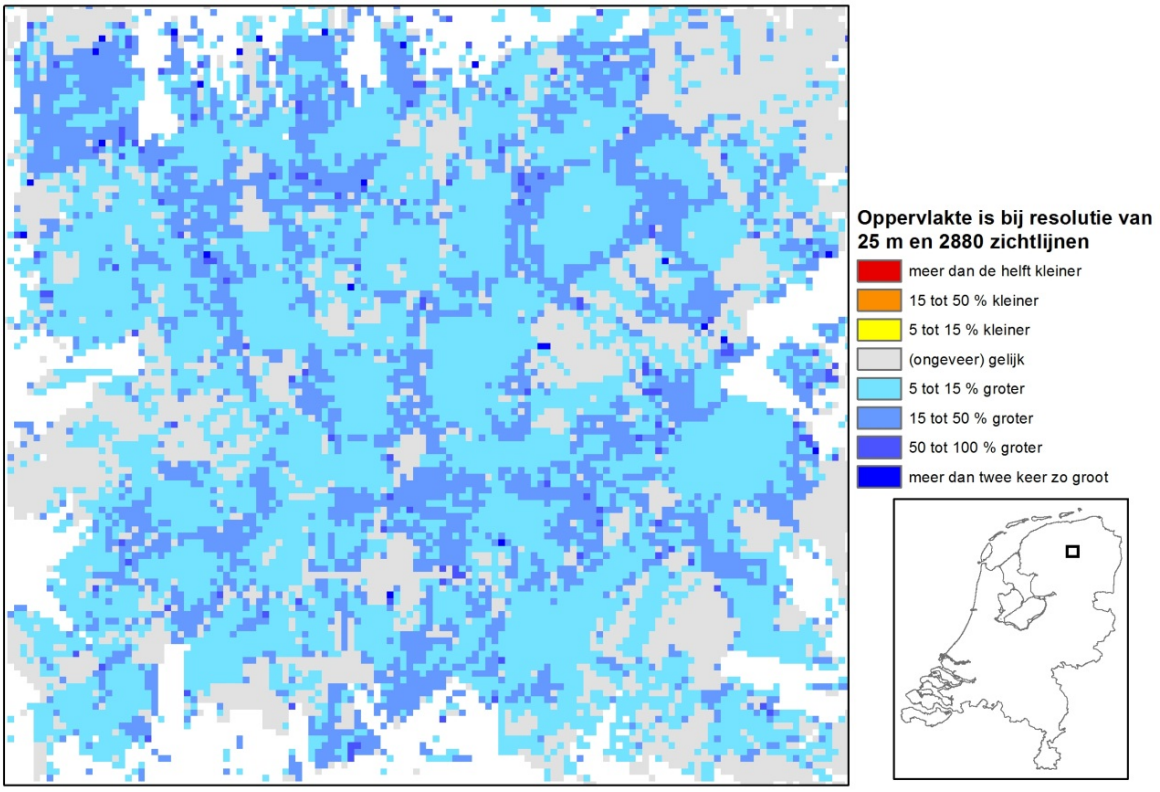
ViewScape kent een aantal hard gecodeerde parameters en een aantal instelbare parameters waarvan we ons moeten afvragen hoe gevoelig de uitkomst van de analyse is voor de ingestelde waarde. Het gaat om:

- hoek tussen de berekende zichtlijnen (hard in code);
- afstand tussen waarneempunten (input in bestand);
- waarneemhoogte (parameter);
- hoogte van grondgebruikstypen (input in tabel);
- maximale waarneemafstand (parameter);
- maximale kijkhoek (tegen terrein) (parameter).

Bij het bekijken van de gevoeligheid voor deze instellingen moeten we rekening houden met de minimale resolutie waarmee we kunnen werken en het schaalniveau waarop we uitspraken kunnen en willen doen. Het verhogen van de resolutie van zowel de invoerbestanden als het bestand met de waarneempunten zal een nauwkeurigere berekening te zien geven van de zichtbare oppervlakte. De uiteindelijke berekende openheid zal gepresenteerd worden in een beperkt aantal klassen. Bij het bepalen van de gevoeligheid is het met name zaak om te achterhalen hoe gevoelig de berekende openheidklasse is voor de instelling van de parameter.

Aantal zichtlijnen

De hoek tussen de berekende zichtlijnen staat hard in de code en bedraagt één graad en komt dus overeen met 360 zichtlijnen per te analyseren punt. Het effect van het vergroten van het aantal zichtlijnen hebben we berekend in een deelgebied in de omgeving van Haulerwijk en het resultaat is te zien in Figuur 28. De zichtbare oppervlaktes worden over een groot deel van het gebied 5 tot 15 % groter en voor nog eens een aanzienlijk deel, met name in de minder open delen van het gebied, zelfs 15 tot 50 % groter. Dit heeft alles te maken met het feit dat met meer zichtlijnen de ruimtes nauwkeuriger worden afgetast (Figuur 29). De berekende oppervlaktes worden daarom nooit kleiner bij toename van het aantal zichtlijnen.



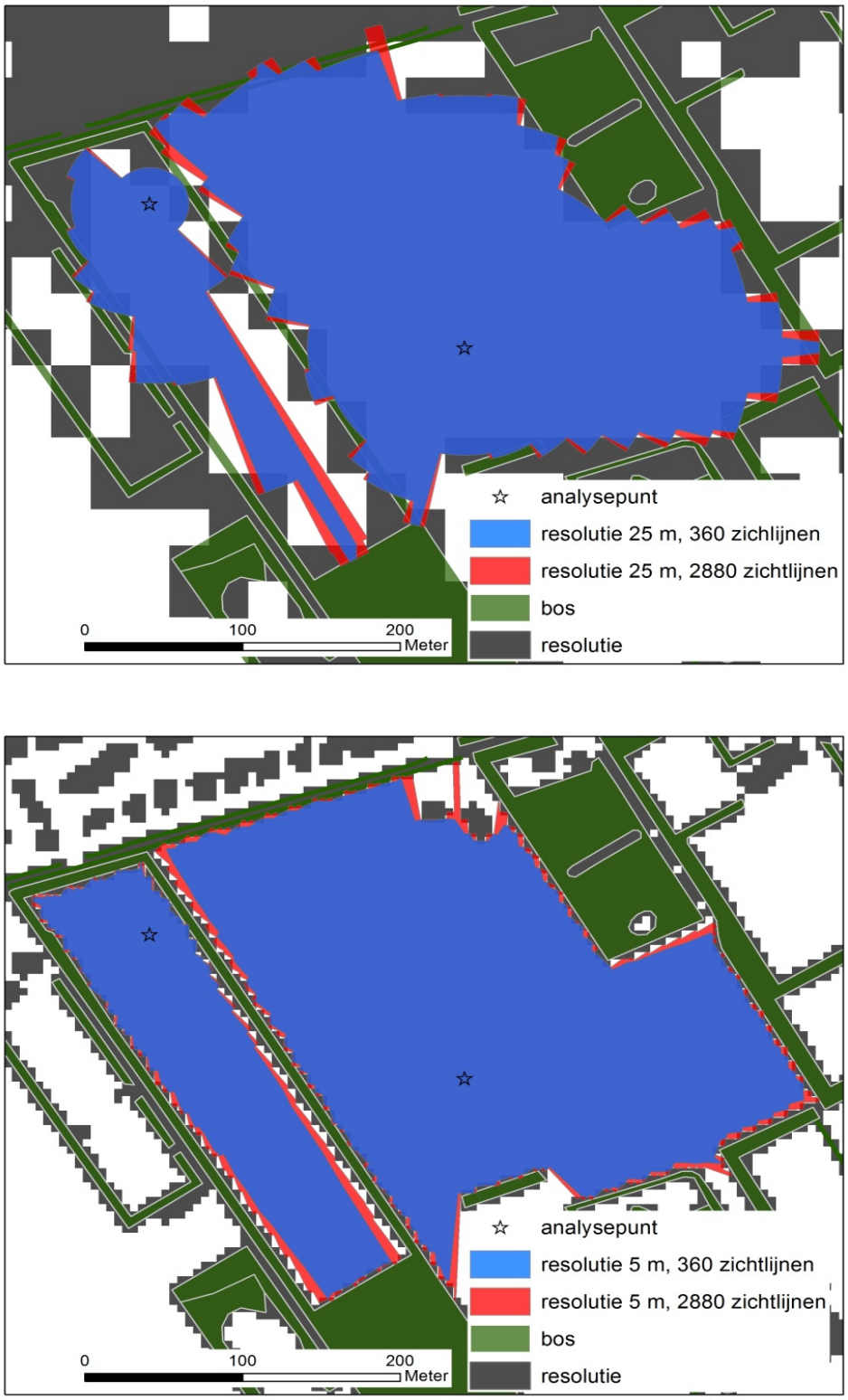
***Figuur 28**: Verschil in zichtbare oppervlakte bij 2880 zichtlijnen*

Met name bij openingen in het landschap vlakbij een analysepunt kunnen de verschillen groot zijn. Liggen die verder weg en zijn ze smal, dan is het de vraag in hoeverre dit soort doorkijkjes nog als zodanig worden beleefd. Heel veel zichtlijnen levert dan niet alleen meer rekentijd op, maar op diverse plaatsen ook een toename en wellicht een overschatting van de oppervlakte zichtbaar landschap.

Het bovenste kaartje van Figuur 29 kan rechtstreeks vergeleken worden met Figuur 24. Daaruit kunnen we opmaken dat in deze situatie het effect van het verhogen van de resolutie van 25 naar 5

meter groter is dan het vergroten van het aantal zichtlijnen van 360 naar 2880. Dit heeft alles te maken met de nabijheid van de zicht belemmerende objecten. Verder van het analysepunt verwijderd, op een afstand van ruim 1432 meter ((360 * 25)/(2*pi)), wordt de afstand tussen de zichtlijnen groter dan 25 meter en is de kans groot dat een verhoging van de resolutie niet wordt opgemerkt.

Uit het onderste kaartje van Figuur 29 blijkt dat ook bij een resolutie van 5 meter vergroting van het aantal zichtlijnen bijdraagt tot een nauwkeurigere berekening van de zichtbare oppervlakte. De combinatie van hoge resolutie en groot aantal zichtlijnen zorgt er wel voor dat kleine doorkijkjes in het landschap worden gedetecteerd (Noordzijde grote vlak) terwijl het de vraag is of die als zodanig worden ervaren. Meer hierover valt te lezen in paragraaf 4.2.3.



***Figuur 29**: Effect van het aantal zichtlijnen bij lage resolutie (boven) en hoge resolutie*

Afstand tussen waarneempunten
Naast de resolutie van de ruimtelijke bestanden waarmee de situatie in het veld wordt beschreven hebben we te maken met de onderlinge afstand tussen de waarneempunten. Die punten kunnen op elke plek liggen, maar bij een landsdekkende analyse ligt het voor de hand daarvoor een regelmatig raster te nemen. Hoe groter de afstand tussen de punten hoe groter de oppervlakte van open ruimten die gemist kunnen worden. Bij een onderlinge afstand van 100 meter tussen de waarneempunten vertegenwoordigt elk waarneempunt een oppervlakte van 1 ha. Eén waarneempunt per 100 meter betekent dat de kans gering is dat vierkante ruimten van 1 ha worden gemist. Grotere, rechthoekige ruimten kunnen daarentegen wel worden gemist. De kleinste legenda-eenheden op de uiteindelijke kaart (< 1 ha, 1-2 ha) zijn hierdoor minder betrouwbaar. Niet dat de ruimte ter plekke niet zo groot is, maar het is waarschijnlijk dat er in Nederland meer plekken te vinden zijn van deze omvang. Bij de berekening van de oppervlakte zichtbaar landschap gaat het met name om de grotere oppervlakken en er is daarom weinig aanleiding om het aantal analysepunten te verhogen.

Waarneemhoogte
De waarneemhoogte is in ViewScape instelbaar en tot nu toe is steeds een hoogte gebruikt van 1,5 meter, aangezien we uitgaan van een staand persoon. Een gevoeligheidsanalyse op dit punt heeft niet veel zin aangezien de zicht blokkerende elementen per definitie een hoogte krijgen van meer dan de waarneemhoogte.

Hoogte van grondgebruikstypen
Per grondgebruikstype in de basiskaart kan er een hoogte worden opgegeven. Voor de analyses die in dit rapport zijn beschreven is er echter maar één type gedefinieerd: 'gesloten'. Alle gesloten cellen hebben een standaard hoogte van 10 meter gekregen. Variaties in opgegeven hoogte hebben over het algemeen geen effect op het resultaat aangezien ze per definitie boven de waarneemhoogte liggen. In reliëfrijke gebieden is er wel degelijk een effect te verwachten en het zou beter zijn om de werkelijke hoogte van objecten te kennen.

Het zou voor de hand liggen om bossen en bomenrijen een standaard hoogte van 15 meter te geven, maar dat is in de huidige basiskaart niet mogelijk. Daarvoor moeten bebouwing en opgaande begroeiing worden gesplitst op de basiskaart en daarvoor zouden de criteria moeten worden aangepast.

Als we weten hoe gevoelig de uitkomst is voor de hoogte van objecten kunnen we beslissen of we blijven werken met een standaard hoogte of gebruik gaan maken van de werkelijke hoogte van objecten (te achterhalen met behulp van de ruwe data van AHN, of in de toekomst wellicht toegevoegd aan topografische objecten).

Maximale waarneemafstand
Een belangrijk aspect bij het bepalen van de oppervlakte zichtbaar landschap is de maximale afstand waarmee wordt geanalyseerd. Bepalend hierbij is boven welke afstand de openheid van ruimtes niet meer als groter wordt ervaren.

Weitkamp (2010) schrijft dat in diverse onderzoeken wordt aangetoond dat de waargenomen openheid niet wordt beïnvloed door objecten op een afstand groter dan 1200 meter. Zijn eigen onderzoek toont echter aan dat deze afstand ongeveer 3500 meter is. Wij zijn hier, deels om pragmatische redenen (rekentijd), tussenin gaan zitten en hebben de analyses uitgevoerd met een maximale afstand van 2200 meter. Naast de rekentijd is het nadeel van een grotere analyseafstand dat in langwerpige ruimtes en in geval van doorkijkjes de zichtbare oppervlakte toeneemt, maar de extra ruimte ver van de waarnemer verwijderd is en niet, of in ieder geval minder, als zodanig wordt ervaren. Dit blijkt ook uit de grenswaarde van 1000 meter die Weitkamp vindt voor de gemiddelde afstand tot de grens van de ruimte. Boven deze waarde worden ruimtes volgens hem niet als meer open ervaren. Aangezien wij oppervlaktes berekenen (sterk gecorreleerd met de gemiddelde afstand tot de grens) moeten we ervoor zorgen dat we een afstand kiezen waarbij allerlei (vormen van) ruimtes die een gemiddelde afstand van 1000 meter hebben, meedoen in de analyse. De analyseafstand van 2200 meter voldoet hieraan volgens ons.

Het vergroten van de maximale waarneemafstand heeft alleen effect op waarneempunten waarvoor geldt dat de zichtbare ruimte nog niet volledig is begrensd door zichtbelemmerende objecten. Alleen op deze punten wordt de zichtbare oppervlakte groter bij het vergroten van de waarneemafstand.

Een gevoeligheidsanalyse met instellingen van 1000, 1500, 2000, 2500, 3000 en 3500 meter zou zinvol zijn.

Van belang is uiteindelijk ook hoeveel openheidklassen worden onderscheiden op de uiteindelijke kaart. Hoe kleiner het aantal klassen des te geringer het effect van het vergroten van de maximale waarneemafstand. Bij een gering aantal klassen is de kans zeer groot dat de punten die een grotere oppervlakte krijgen al in de grootste openheidklasse liggen.

Maximale kijkhoek
ViewScape volgt het terrein omhoog tot een obstakel of tot een maximale kijkhoek tussen de top van het terrein en het horizontale vlak. De maximale kijkhoek is hard gecodeerd en staat op 6% (6 meter stijging per 100 meter). Het kan geen kwaad te bepalen in welke mate de resultaten van ViewScape afhangen van de maximale kijkhoek. De kijkhoek heeft vanzelfsprekend alleen invloed op het resultaat in reliëfrijke gebieden en in de nabijheid van dijken. We zouden de kijkhoek als volgt kunnen variëren: 4, 6, 8 en 10%.

4.1.5 Conclusie

In de vorige paragrafen van dit hoofdstuk zijn een aantal gevoeligheden besproken, en (deels) berekend, waar we bij de berekening van de oppervlakte zichtbaar landschap mee te maken hebben. Gezien de beperkte middelen is er geen ruimte voor een uitgebreidere gevoeligheidsanalyse waarbij gekeken wordt naar het effect van de instelling van parameters op de uitkomsten. Tabel 6 geeft een overzicht van de belangrijkste gevoeligheden op volgorde van (ingeschatte) belangrijkheid.

Tabel 6
Belangrijkste gevoeligheden gebruikte instellingen en input van parameters in Viewscape

Belang	Gevoeligheid	Instelling	Verdere aanpak
1	Bomenrijen	Meenemen	Eenvoudige analyse uitgevoerd, effect zeer groot. Negeren van bomenrijen lijkt echter geen optie gezien hun effect op de openheid. Mogelijkheden verder onderzoeken naar het meenemen van de transparantie van bomenrijen.
2	Resolutie	25 m	Analyse uitgevoerd, effect groot. Bij een zeer hoge resolutie kunnen echter doorkijkjes blijven bestaan die niet meer als zodanig worden ervaren. Een te hoge resolutie kan dus ook ongewenste effecten hebben.
3	Aantal zichtlijnen	360	Eenvoudige analyse uitgevoerd, effect groot. Wellicht ook 720 en 1440 zichtlijnen een keer testen. Het verdient de voorkeur om ViewScape in te stellen met een zo groot mogelijk aantal zichtlijnen.
4	Waarneemafstand	2200 m	Analyse mogelijk met maximale afstand op 3500 meter en verschil bekijken. Zal vooral effect hebben op de zeer open landschappen.
5	Terreinhoogte	AHN1	Analyse mogelijk naar ongewenste effecten in bebouwd gebied en bos, maar juist minder relevant in deze gesloten gebieden.
6	Overig bodemgebruik	Niet meenemen	Analyse mogelijk met behulp van ruwe AHN2-data.
7	Maximale kijkhoek	6 %	Analyse mogelijk, maar alleen effect in reliëfrijke gebieden.

4.2 Controle output en validatie

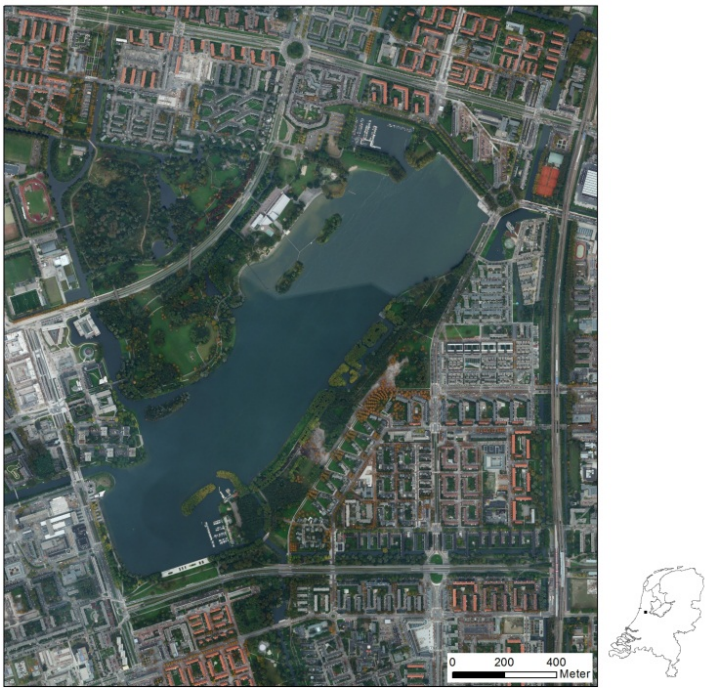
In de loop van het project zijn er meerdere validatiemethoden bedacht en deels uitgewerkt (zie Bijlage 4). Om financiële en inhoudelijke redenen is gekozen voor een vrij eenvoudige benadering die zich richt op de door ViewScape berekende oppervlaktes aangezien dit de belangrijkste ruimtelijke maat is. De door ViewScape berekende langste zichtlijn, kortste zichtlijn en kortste afstand tot een opgaand object zijn niet gevalideerd.

Alvorens de validatie te bespreken schenken we eerst aandacht aan de controle van de output van ViewScape. Metadata over de bij de controle gebruikte bestanden is te vinden in Bijlage 7

4.2.1 Visuele controle zichtbaar landschap met reliëf

De in hoofdstuk 3 besproken landsdekkende kaarten geven een beeld te zien dat overeenkomt met dat we van Nederland kennen. Ook de detailkaarten zien er vertrouwenwekkend uit, zolang je er door je oogharen naar kijkt. Zoomen we echter in tot op het niveau van afzonderlijke cellen, dan blijkt dat er hier en daar afwijkende waardes voorkomen.

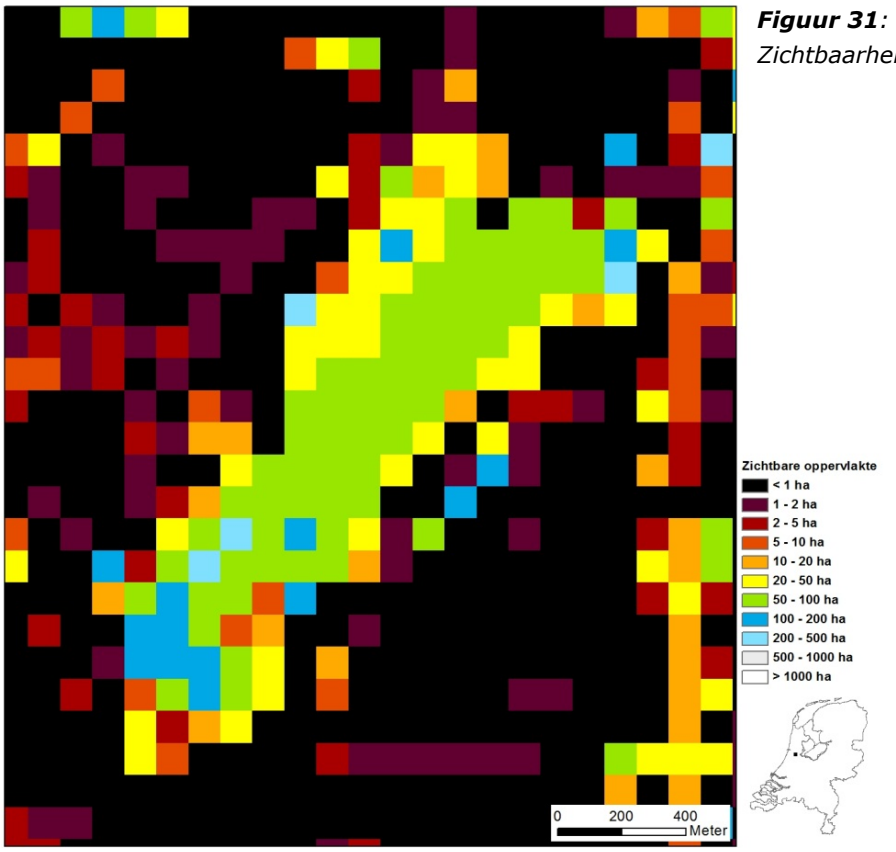
De oppervlakte zichtbaar landschap is op diverse plaatsen veel groter dan verwacht. Dit wordt veroorzaakt door onvolkomenheden in het terreinhoogtebestand AHN. In de bebouwde omgeving komt de waargenomen hoogte regelmatig niet overeen met de hoogte van het terrein, maar met de hoogte van de bebouwing. Hiervan heeft ViewScape last aan de randen van bebouwingscomplexen. ViewScape is namelijk zo geprogrammeerd dat de oppervlakte zichtbaar landschap ook wordt berekend voor gesloten cellen die grenzen aan open gebied. Het waarneempunt voor deze cellen ligt dus niet anderhalve meter boven de grond, maar boven het dak van een gebouw. Hierdoor wordt er een veel te grote oppervlakte zichtbaar landschap berekend. In feite is in de bebouwde omgeving elke oppervlakte groter dan twee hectare verdacht.



Figuur 30:
Sloterplas Amsterdam

Ook de door ons geïnterpoleerde waterhoogte levert hier en daar problemen op. Met name in de bebouwde omgeving kan de hoogte van het oppervlaktewater te hoog zijn berekend doordat gebouwen aan de oever als oever worden gezien. Hierdoor worden ten onrechte grote zichtbare oppervlakten en lange zichtlijnen berekend. Het is misschien zelfs mogelijk dat binnen het watervlak de berekende hoogtes dusdanig variëren dat tegen een 'muur van water' wordt aangekeken. In dat geval is de berekende oppervlakte juist kleiner dan hij in werkelijkheid is. Het is ook nog mogelijk dat op bepaalde plaatsen op het oppervlaktewater een hellingshoek van minder dan zes graden voorkomt,

waardoor achter deze virtuele helling liggende objecten niet worden 'gezien' en het zicht doorloopt tot de maximale waarneemafstand. Mogelijk is dit aan de hand op de Sloterplas (Figuur 31) waar zichtbare oppervlaktes in de klasse van honderd tot tweehonderd en zelfs tweehonderd tot vijfhonderd hectares voorkomen terwijl de open ruimte ongeveer tachtig hectare groot is.



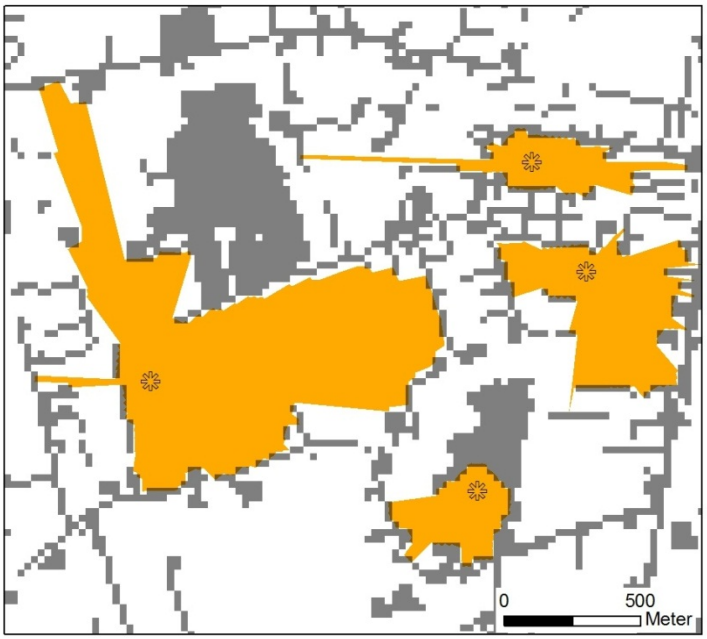
***Figuur 31**:*
Zichtbaarheid omgeving Sloterplas

Het is de vraag hoe ernstig de hier genoemde fouten zijn, aangezien het om de bebouwde omgeving gaat. Het zou kunnen worden opgelost door de bebouwde omgeving volledig af te dekken en niet mee te nemen in de kaart. Het probleem van de waterhoogten is echter minder eenvoudig op te lossen.

Visualisatie en overlay zichtvlakken

Om te kunnen controleren of ViewScape daadwerkelijk berekent wat we voor ogen hebben is het uitgebreid met een module die het mogelijk maakt de zichtvlakken van een beperkt aantal punten weer te geven als polygonen. Dit hebben we toegepast binnen een studiegebied in de omgeving van Haulerwijk (Friesland). Enkele tientallen van deze vlakken zijn middels een visuele controle vergeleken met de basiskaart (vier daarvan zijn weergegeven in Figuur 32). Daarbij is niet gelet op kleine overlappingen met gesloten cellen aan de rand van elk vlak, maar hebben we gezocht naar in het oog springende fouten als lange 'spaken' die over opgaande elementen heen gaan of vlakken die te ruim binnen de werkelijke open ruimte liggen. Dit soort fouten zijn, in deze beperkte set, niet gevonden.

Omdat uit de visuele check bleek dat er geen in het oog springende fouten op grote schaal voorkwamen hebben we een volgende stap gezet door voor een groot aantal punten (ruim 9000) op een andere manier te kijken naar de polygonen van de zichtvlakken. Die zijn eerst met 12,5 meter naar binnen gebufferd om een eventuele kleine overlap met de cellen van de basiskaart uit te sluiten. Er is een overlay uitgevoerd met de basiskaart en daaruit bleek dat geen enkele polygoon overlap vertoonde met gesloten cellen in de basiskaart. De 'ontsnappende zichtlijnen' waar we in eerdere versies van ViewScape nog wel eens mee te maken hadden blijken niet meer voor te komen. Hiermee weten we nog niet of in sommige gevallen de zichtvlakken misschien te klein worden berekend.



***Figuur 32**: Vier zichtvlakken*

4.2.2 Methodes voor validatie

De output van ViewScape bestaat uit de oppervlakte zichtbaar landschap, langste zichtlijn, kortste zichtlijn en de kleinste afstand tot een zichtbelemmerend object. Aangezien alleen de eerste maat is gebruikt als maat voor de openheid, gaan we alleen die valideren.

De validatie zou kunnen bestaan uit een veldstudie waarbij op een aantal analysepunten met laser apparatuur de lengte van zichtlijnen wordt gemeten. Dit is echter niet zo eenvoudig en heeft een aantal nadelen:

- bomenrijen worden door ons als gesloten beschouwd, maar een laserstraal gaat, op de boomstammen na, door de bomenrijen heen;
- wij houden in onze analyses rekening met reliëf door het omhoog te volgen tot een bepaalde kijkhoek; hetzelfde doen met laserstralen is een ingewikkelde klus;
- het is zeer arbeidsintensief;
- vertroebeling door een mismatch tussen werkelijkheid en topografische kaart;
- laserstraal kan terugkaatsen op allerlei niet relevante objecten (rietstengels bijv.).

Het ligt dus meer voor de hand om de berekende oppervlakte te vergelijken met de werkelijke oppervlakte in het veld of op de kaart. Hier krijgen we te maken met het feit dat de topografische kaart niet altijd nauwkeurig is (zie paragraaf 3.3.2) en we willen niet dat de validatie wordt vervuild door een onnauwkeurige weergave van de werkelijkheid. Daarnaast is het erg ingewikkeld om uitgaande van een bepaald punt het zichtbare vlak op het oog te digitaliseren.

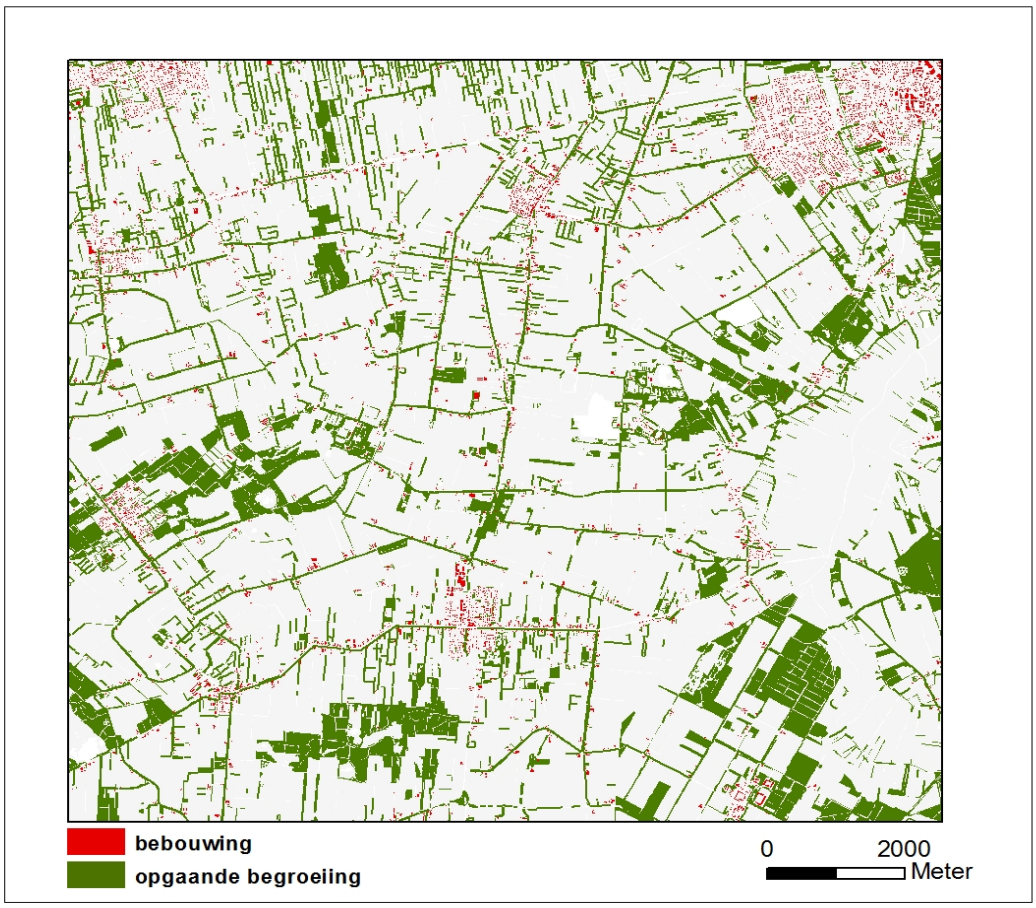
We zouden ook de controle via de oppervlaktes van afzonderlijke ruimtes kunnen loslaten en deskundigen onze kaart met oppervlaktes zichtbaar landschap kunnen voorschotelen met de vraag of het beeld klopt met hun beeld van de openheid van het Nederlandse landschap. Hier doet zich het probleem voor dat de deskundigen niet denken in oppervlaktes, maar begrippen als zeer open, open, halfopen en besloten. We hebben in paragraaf 3.2.5 gezien dat deze begrippen nogal subjectief zijn en het niet zo eenvoudig is de zichtbare oppervlaktes te vertalen naar maten van openheid. Toch kan de beschreven exercitie gezien worden als een lichte vorm van validatie. De oppervlaktes van de door de respondenten aangewezen halfopen landschappen waren niet willekeurig verdeeld, maar concentreerden zich rond waardes tussen 5 en 200 ha.

Na overleg met statisticus Paul Goedhart (Biometris, Wageningen UR) hebben we ervoor gekozen in een testgebied de opgaande elementen met een veel hogere resolutie te beschrijven. Daarmee kunnen we de werkelijke oppervlaktes beter benaderen. In feite is dit een soort kruising tussen validatie en gevoeligheidsanalyse. Deze analyse wordt besproken in de paragrafen 4.2.3 en 4.2.4. Veel later vonden we een methode om met behulp van ArcGIS een validatie uit te voeren op basis van vectoren. Deze wordt besproken in paragraaf 4.2.5.

De validatie is uitgevoerd zonder rekening te houden met reliëf! Analyses met reliëf zijn veel minder gemakkelijk geautomatiseerd te controleren op eventuele fouten aangezien de begrenzing van zichtvlakken niet volledig hoeft samen te vallen met objecten in het veld (gesloten cellen op de kaart). Dit neemt niet weg dat met een visuele controle eventuele in het oog springende fouten gemakkelijk te traceren zijn. Aangezien de visuele controle een niet zo grote rol heeft gekregen tijdens de validatie was het beter geweest bij de validatie toch ook rekening te houden met reliëf.

4.2.3 Validatie op basis van hogere resolutie

Voor de validatie hebben we een studiegebied nodig van beperkte omvang aangezien we met een zeer hoge resolutie gaan werken. In dat studiegebied moeten zowel grote open ruimtes als kleine besloten ruimtes voorkomen. We hebben gekozen voor een studiegebied van twaalf bij dertien kilometer in de omgeving van Haulerwijk (Figuur 33). Een grotere variatie in open ruimten was wenselijk geweest, maar die hadden we alleen kunnen bereiken met een groter studiegebied of meerdere kleine. Om praktische redenen hebben we gekozen voor een enkel, zo groot mogelijk (gezien de gewenste hoge resolutie) studiegebied.



Figuur 33: *Proefgebied voor validatie*

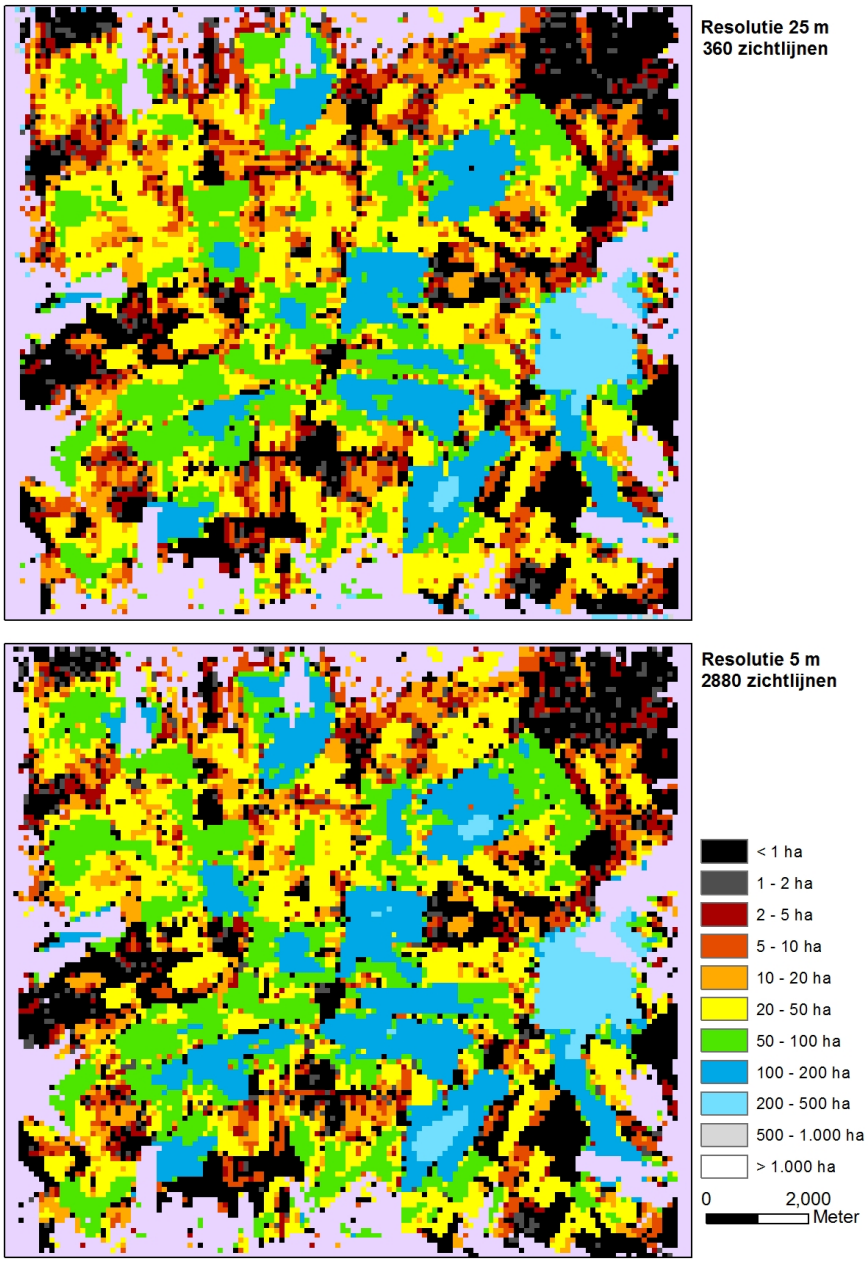
We verwachten een afwijking ten opzichte van de werkelijkheid door de resolutie van 25 meter waarmee de topografische ondergrond is verrasterd en het beperkte aantal zichtlijnen waarmee de zichtvlakken worden gegenereerd. Door de verrastering worden met name bomenrijen sterk in oppervlakte overdreven en openingen tussen opgaande elementen worden 'dicht geknepen' of juist te groot weergegeven, afhankelijk van de ligging in elke cel. Met name voor analysepunten in kleine of smalle ruimtes, in de nabijheid van kleine opgaande objecten en op de kopse kanten van lijnvormige elementen zou dit tot aanzienlijke verschillen kunnen leiden.

Om te berekenen hoe groot de oppervlaktes van de zichtvlakken werkelijk (bij benadering) zijn hebben we de opgaande elementen in het studiegebied verrasterd met een resolutie van 5 meter in plaats van 25 (één meter bleek niet haalbaar in verband met de rekentijd) en de analyse uitgevoerd met 2880 zichtlijnen in plaats van 360. Hierdoor wordt de vorm van elke ruimte beter beschreven en de werkelijke oppervlakte beter benaderd. Zie Bijlage 7voor de metadata van de testbestanden.

Zoals bij de landsdekkende analyse hebben we gerekend met een maximale afstand van 2200 meter. De omtrek van een cirkel met deze straal is 13.823 meter. Delen we dit door 2880 zichtlijnen dan zien we dat die op de rand van de cirkel 4,80 meter uit elkaar liggen. Zodoende weten we bij een resolutie van 5 meter zeker dat geen enkel object wordt gemist. Ook kleine openingen van 5 meter of meer worden nergens gemist en hoe dichter bij het analysepunt des te kleiner de doorkijkjes die nog worden 'gezien'. Dit kan ook een nadeel zijn aangezien doorkijkjes op (grote) afstand niet als zodanig worden waargenomen, maar de erachter liggende oppervlakte wel wordt meegeteld. Als uit de validatie blijkt dat bepaalde ruimtes bij een hoge resolutie veel groter zijn, wil dat niet zeggen dat die ruimte als zodanig wordt ervaren. Dit bemoeilijkt het interpreteren van de resultaten van de validatie. Dit kan in de toekomst worden opgelost door voor zowel de landsdekkende analyse als voor de validatie een minimale hoek te definiëren voor openingen.

4.2.4 Resultaten bij hogere resolutie

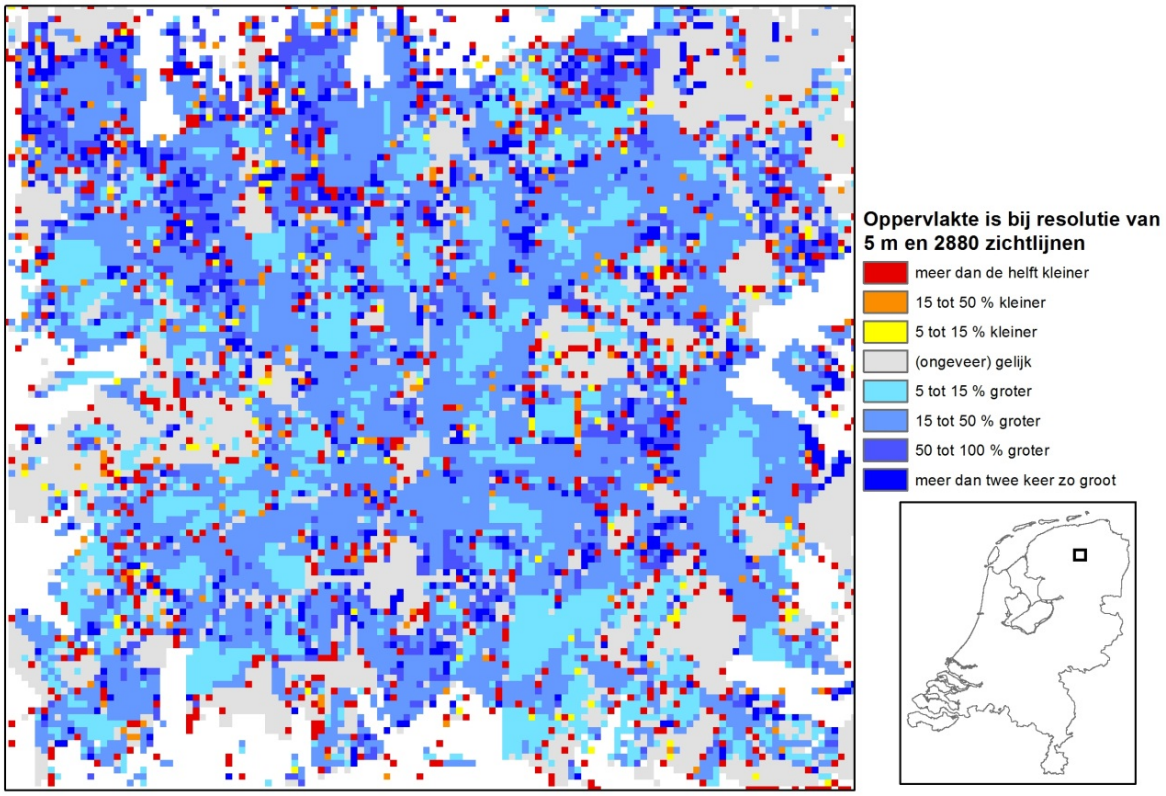
Voor de validatie hebben we de resultaten van de hoge-resolutie-analyse in de omgeving van Haulerwijk vergeleken met dezelfde resolutie als bij de landsdekkende analyse, maar dan zonder reliëf. Alleen de analysepunten waarvan het zichtvlak volledig binnen het studiegebied valt komen in aanmerking voor de vergelijking. In Figuur 34 is te zien dat bij een hogere resolutie en meer zichtlijnen met name de grotere ruimtes groter worden.



Figuur 34: *Zichtbaar oppervlak bij lage en hoge resolutie (lichtpaars is NoData)*

Door de classificatie lijken de verschillen niet zo groot. Vergelijken we de absolute hoeveelheden met elkaar, dan krijgen we een iets ander beeld (Figuur 35). Een groot deel van de grotere open ruimtes (> 20 ha) is bij een resolutie van 5 meter en 2880 zichtlijnen 5 tot zelfs 50 % groter dan bij een resolutie van 25 meter en 360 zichtlijnen. Dit heeft te maken met het feit dat bij een hogere resolutie en meer zichtlijnen de ruimtes nauwkeuriger worden 'afgetast' (Figuur 36 boven). De oppervlaktes in de openheidskaart worden over het algemeen dus te klein berekend, maar het beeld is consistent. Daar komt bij dat uit een eenvoudige test (aanpassen van de legenda en waardes opvragen uit de kaart) blijkt dat de verschillen kleiner worden naarmate het analysepunt centraler in een grote ruimte ligt.

In Figuur 35 kunnen we ook zien dat er analysepunten zijn waar bij een hogere resolutie juist (veel) minder wordt gezien. Dit wordt veroorzaakt door het feit dat ViewScape zo is geprogrammeerd dat vanuit de randcellen van opgaande elementen de ernaast gelegen ruimte toch kan worden gezien. Met een resolutie van 5 meter worden kleine objecten veel nauwkeuriger beschreven waardoor een analysepunt achter een gebouw of bomenrij kan komen te liggen waar het bij een resolutie van 25 meter nog in het gebouw of de bomenrij lag. Het gebouw of de bomenrij schermt een groot deel van het landschap af (Figuur 36 onder).



***Figuur 35**: Verschil in zichtbare oppervlakte bij resolutie van 5 m en 2880 zichtlijnen*

***Figuur 36**: Zichtvlakken bij punt 586494 (boven) en 586495 (onder)*

4.2.5 Validatie op basis van vectoren

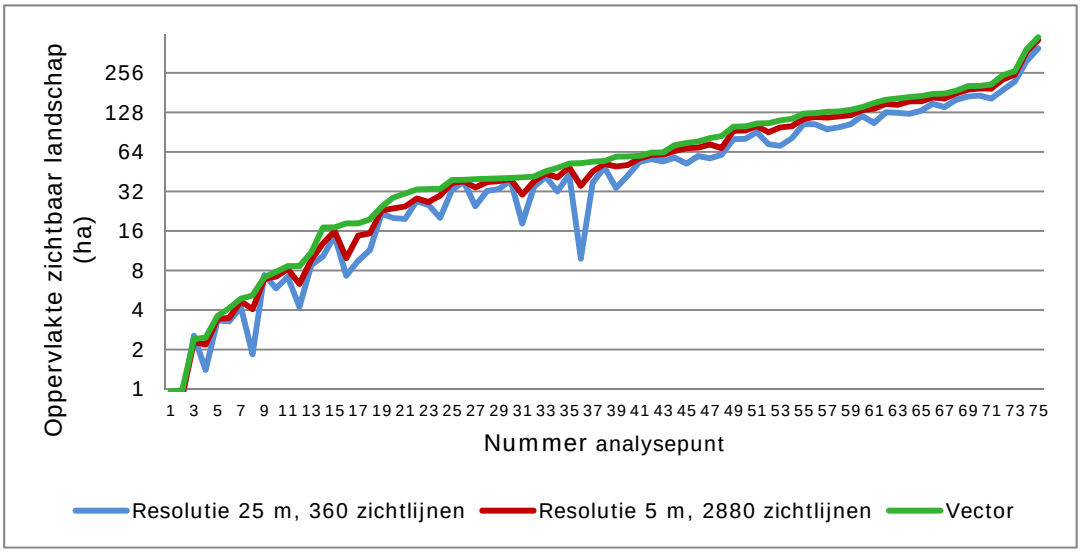
De hiervoor beschreven validatiemethode heeft als beperking dat output van ViewScape is gebruikt om andere output van ViewScape te valideren. Eigenlijk is hier meer sprake van een gevoeligheidsanalyse. Om ook een echte validatie uit te voeren, zijn we op zoek gegaan naar software waarmee op vector-niveau zichtvlakken kunnen worden berekend. Uiteindelijk bleek zo'n analyse 'gewoon' met ArcGIS uitgevoerd te kunnen worden. In ArcScene, de 3D-omgeving van ArcGIS, is het mogelijk om op basis van vectoren skylines te berekenen. Deze polylijnen vormen de grens tussen terrein en objecten enerzijds en de lucht anderzijds en kunnen worden omgezet naar polygonen en van een oppervlakte worden voorzien.

In het studiegebied in de omgeving van Haulerwijk zijn we uitgegaan van dezelfde landschappelijke elementen: huizen en bebouwd gebied, alle bostypen, boomgaarden, fruitkwekerijen, bomenrijen en heggen. De elementen zijn dus niet verrasterd. Verspreid over het studiegebied hebben we voor 75 punten een skyline berekend. De punten zijn zo gekozen dat er een vrij grote spreiding is in vorm en oppervlakte van de open ruimtes. Gezien de ervaringen die we hebben opgedaan met de hogere resolutie, hebben we het merendeel van de analysepunten niet in de directe nabijheid van opgaande objecten geplaatst. De berekening nam in totaal ongeveer vijf uur in beslag hetgeen neerkomt op vier minuten per punt. Een landsdekkende analyse met een resolutie van 100 meter zou met deze methode ruim 34 jaar (!) duren.

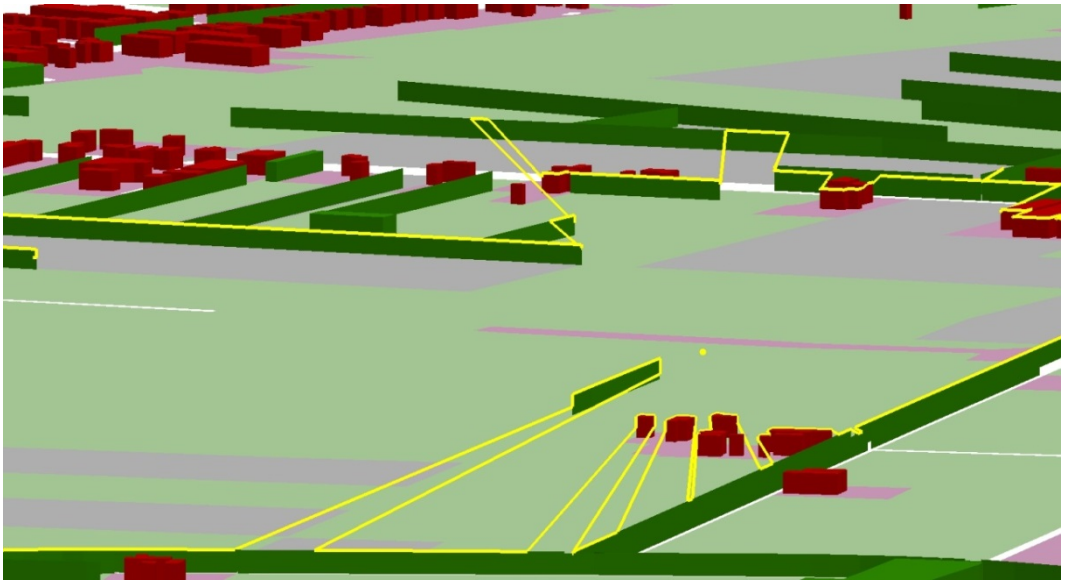
Zetten we de 75 analysepunten op volgorde van de berekende oppervlakte (Figuur 37), dan valt op dat de op basis van vectoren berekende oppervlaktes nog weer groter zijn dan die met een resolutie van 5 meter en 2880 zichtlijnen zijn bepaald. Dit is met name een gevolg van het feit dat opgaande objecten in open ruimtes scherper worden 'aangesneden' en dus een groter deel van het erachter gelegen landschap wordt meegenomen. Dit uit zich ook in kleine doorkijkjes die niet worden 'dichtgeknepen' (Figuur 36 boven en Figuur 38). Met name wanneer het erachter gelegen landschap relatief open is, kan het om aanzienlijke oppervlaktes gaan. Het feit dat de ViewScape-lijnen in de figuur gelijke tred houden met de oppervlaktes volgens de skyline-methode, geeft veel vertrouwen in het model ViewScape.

Een aantal analysepunten is bewust in de buurt gelegd van de kopse kant van een bosstrook of bomenrij. Op die punten is de berekende zichtbare oppervlakte bij een lage resolutie beduidend kleiner dan die op basis van een hogere resolutie of vectoren (blauwe neerwaartse pieken in Figuur 37). De breedte van bomenrijen worden bij een resolutie van 25 meter flink overdreven en dit heeft met name op de kopse kanten grote gevolgen (Figuur 39).

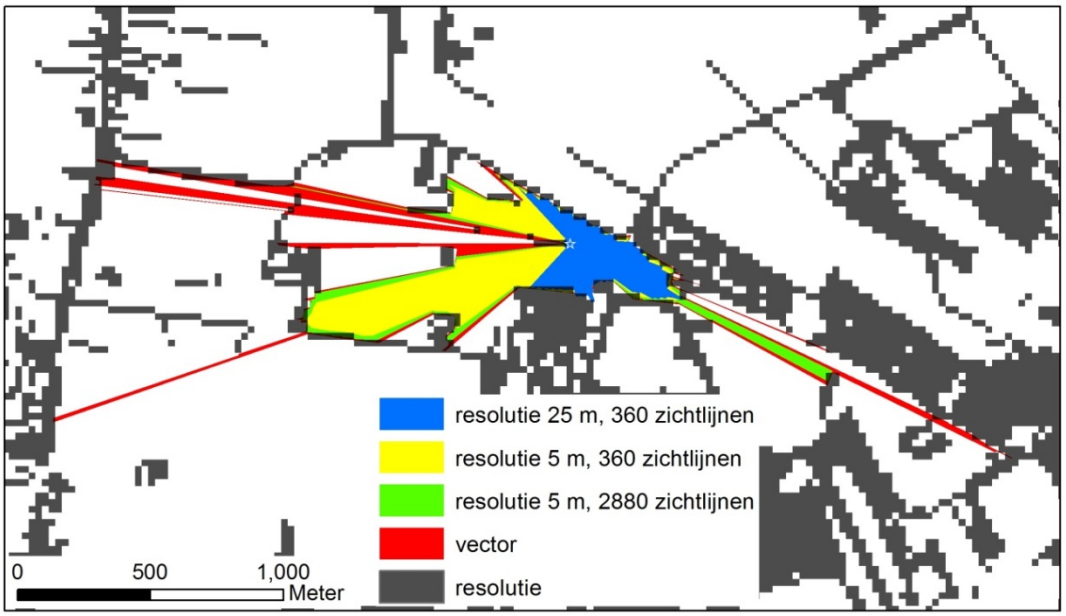
Door de aard van het gekozen studiegebied hebben we geen resultaten voor zeer open landschappen, maar het is aannemelijk dat die vergelijkbaar zullen zijn met die we hier hebben beschreven. Het is zelfs waarschijnlijk dat de verschillen tussen ViewScape en skyline afnemen aangezien het aantal objecten dat de ruimte doorsnijdt in (zeer) open landschappen beperkt zal zijn.



Figuur 37: *zichtbare oppervlakte op basis van vectoren vergeleken met rasters van hoge en lage resolutie, voor 75 analysepunten gesorteerd op oppervlakte*



***Figuur 38**: Skyline (geel) vanuit een analysepunt (gele stip). Opvallend zijn de verschillende doorkijkjes*



***Figuur 39:** Zichtvlakken bij verschillende instellingen voor een punt op de kopse kant van een bomenrij*

4.2.6 Conclusie visuele controle en validatie

Naar aanleiding van de visuele controle en validatie kunnen we het volgende concluderen:

- Tijdens visuele controles van de door ViewScape berekende zichtvlakken zijn geen fouten naar boven gekomen.
- In het testgebied in de omgeving van Haulerwijk vertoonde, zoals verwacht, geen van de 9000 berekende zichtvlakken overlap met zicht belemmerende objecten. Dit betekent dat ViewScape barrières ook steeds als zodanig 'ziet'.
- Bij een hogere resolutie kunnen de door ViewScape berekende oppervlaktes in het landelijk gebied toenemen met 5 tot zelfs 50 %. Echter, hoe groter de open ruimte en hoe centraler een analysepunt in die ruimte ligt, des te kleiner de verschillen.
- De berekende oppervlaktes worden nauwkeuriger wanneer wordt gerekend met een resolutie van 5 meter. Zo'n hoge resolutie kost veel rekentijd en is voorlopig niet haalbaar voor landsdekkende analyses.

- Bij een GIS-analyse op basis van vectoren zijn de berekende oppervlaktes standaard nog weer groter dan bij een ViewScape-analyse op basis van rasterbestanden met een resolutie van 5 meter. Dit is geheel volgens de verwachting en schept vertrouwen in de uitkomsten van ViewScape.
- Naar alle waarschijnlijkheid vormen de oppervlaktes die met behulp van vectoren zijn berekend een overschatting van de ruimte zoals die door de waarnemer wordt beleefd. Smalle doorkijkjes in open landschappen kunnen relatief grote hoeveelheden zichtbaar landschap opleveren die waarschijnlijk niet als zodanig worden ervaren. Mogelijk speelt dit effect ook al bij een analyse op basis van rasterbestanden met een resolutie van 5 meter.
- In de directe omgeving van zicht belemmerde elementen kunnen bij een andere resolutie sterk afwijkende oppervlakten zichtbaar landschap worden berekend. Dit wordt met name veroorzaakt door:
  - een veranderde oriëntatie van de zicht belemmerende cel(len) ten opzichte van het analysepunt
  - doorkijkjes die bij een hogere resolutie per definitie wijder zijn. Volgens onze definitie zijn de cellen van 25 bij 25 meter namelijk al zicht belemmerend wanneer ze voor een deel gevuld zijn met objecten die het zicht blokkeren.

  Is het van belang om in de nabijheid van opgaande objecten een hoge nauwkeurigheid te bereiken, dan is het aan te bevelen om met een zo hoog mogelijke resolutie en een groot aantal zichtlijnen (afhankelijk van resolutie) te rekenen.
- De zichtbare oppervlaktes die berekend worden op open water (niet IJsselmeer, Waddenzee en Zeeuwse wateren) en in de bebouwde omgeving kunnen soms foutief zijn door onvolkomenheden in de terreinhoogtekaart. De openheidskaart kan verbeterd worden door gebruik te maken van een aangepaste terreinhoogtekaart.

Ten aanzien van de validatie valt de volgende kanttekening te maken:
- De validatie heeft plaatsgevonden in een studiegebied zonder noemenswaardige reliëf. De openheidskaart (en ViewScape zelf) zouden nog gevalideerd moeten worden in een reliëfrijke omgeving. Dit kan wellicht met een 3D-analyse in ArcScene.
- In het studiegebied ontbraken de zeer open ruimtes. Het verdient aanbeveling om een vergelijkbare validatie uit te voeren in een meer open gebied.

4.3 Samenvatting van de verificatie, het testen, de validatie en de gevoeligheidsanalyse

Verificatie en testen
Het computerprogramma is gecontroleerd op ‘compile time’ en ‘run time’ waarschuwingen en fouten. De meldingen zijn afgehandeld. Bij verificatie en testen van het algoritme in Viewscape is gebruik gemaakt van een fictief testgebied. Hierbij zijn geen tekortkomingen geconstateerd. De controles en de testen zijn beschreven in Jochem (2015, hoofdstuk 10). Voor ruim 9000 punten zijn de met Viewscape berekende zichtvlakken over de basiskaart gelegd. Geen enkele zichtvlak vertoonde een overlap met gesloten cellen in de basiskaart (zie paragraaf 4.2).

Kalibratie
Viewscape wordt niet gekalibreerd door parameterwaarden zo in te stellen dat modeluitkomsten zo goed mogelijk overeenkomen met waarnemingen. Parameterwaarden zijn toegekend op basis van literatuurgegevens en expertkennis. Een overzicht van de parameters met een motivatie van de gekozen parameterwaarden zijn opgenomen in paragraaf. 3.1. Een bespreking van de parameterwaarden is opgenomen in paragraaf. 4.1.4.

Validatie
Voor de validatie van Viewscape zijn twee methoden toegepast. Bij de eerste methode zijn in een proefgebied van 12 bij 13 kilometer, aanvullend op de standaard analyse, opgaande elementen verrasterd met een resolutie van 5 meter waarna een analyse is uitgevoerd met 2880 zichtlijnen. Vervolgens zijn de resultaten van de standaard analyse (25m resolutie, 360 zichtlijnen) voor het proefgebied vergeleken met de hoge resolutie resultaten. Een groot deel van de grotere open ruimtes (> 20 ha) is bij een resolutie van 5 meter en 2880 zichtlijnen 5 tot zelfs 50 % groter dan bij een

resolutie van 25 meter en 360 zichtlijnen. Er zijn ook analysepunten waar bij een hogere resolutie juist (veel) minder open ruimte wordt berekend.

De tweede methode maakt gebruik van ArcScene, de 3D-omgeving van ArcGIS, Hierbij is het mogelijk om op basis van vectoren skylines te berekenen. Deze kunnen worden omgezet naar polygonen en van een oppervlakte worden voorzien. In het proefgebied is voor 75 punten een skyline berekend. Een landsdekkende analyse met een resolutie van 100 meter zou met deze methode ruim 34 jaar (!) duren. De op basis van vectoren berekende oppervlakten in de 75 analysepunten blijken nog weer groter zijn dan de oppervlakten die met een resolutie van 5 meter en 2880 zichtlijnen zijn bepaald.

De zichtbare oppervlakten die met behulp van vectoren zijn berekend zijn mogelijk een overschatting van de ruimte zoals die door de waarnemer wordt beleefd. Smalle doorkijkjes in open landschappen kunnen relatief grote hoeveelheden zichtbaar landschap opleveren die waarschijnlijk niet als zodanig worden ervaren. Mogelijk speelt dit effect ook al bij een analyse op basis van rasterbestanden met een resolutie van 5 meter. De berekende zichtbare oppervlakte is niet vergeleken met het zichtbare landschap zoals dat door waarnemers wordt ervaren.

De basiskaart wordt bij de berekening en validatie van de zichtbare oppervlakten als een perfecte representatie van de werkelijkheid beschouwd. Dat is helaas niet het geval. De basiskaart is afgeleid van het bestand Top10NL-2009. De betrouwbaarheid van de TOP10vector-2006 is onderzocht door Crespo Zapata (2010). Hij komt tot een gemiddelde betrouwbaarheid voor polygonen van ruim 96% en voor lijnen van ruim 89%. We nemen aan dat de onnauwkeurigheid van Top10NL-2009 en TOP10vector-2006 vergelijkbaar zijn. Wat de onnauwkeurigheid van de basiskaart betekent voor de uitkomsten van ViewScape is niet onderzocht.

De zichtbare oppervlaktes die berekend worden op open water (niet IJsselmeer, Waddenzee en Zeeuwse wateren) en in de bebouwde omgeving kunnen soms foutief zijn door onvolkomenheden in de terreinhoogtekaart. De validatie heeft plaatsgevonden in een studiegebied zonder noemenswaardig reliëf. Viewscape en de openheidskaart moeten nog gevalideerd worden voor een reliëfrijke omgeving. De uitkomsten van Viewscape zijn niet gevalideerd voor monitoring. De validatie wordt besproken in de paragrafen 4.2.3 t/m 4.2.5.

Gevoeligheidsanalyse
In de gevoeligheidsanalyse is onderzocht in hoeverre de uitkomsten van ViewScape gevoelig zijn voor

- De resolutie van de basiskaart grondgebruik;
- De criteria m.b.t. de hoeveelheid lijnvormig groen (waaronder bomenrijen), de hoeveelheid vlakvormig groen en de hoeveelheid vlakvormig rood, die bepalen of een cel als gesloten moet worden beschouwd en die gehanteerd zijn bij de opbouw van de basiskaart uit de onderliggende topografische kaarten;
- De instellingen van de parameterwaarden van ViewScape,
  - hoek tussen de berekende zichtlijnen;
  - afstand tussen waarneempunten;
  - waarneemhoogte;
  - hoogte van de opgaande grondgebruikstypen;
  - maximale waarneemafstand;
  - maximale kijkhoek (in het verticale vlak).

De uitkomsten van Viewscape blijken het meest gevoelig voor het voorkomen van bomenrijen, de resolutie van de basiskaart en het aantal zichtlijnen. Vanwege de beperkte middelen is de gevoeligheidsanalyse gedeeltelijk kwalitatief uitgevoerd. De gevoeligheidsanalyse is beschreven in paragraaf 4.1

5 Conclusies en aanbevelingen

In dit hoofdstuk komt aan de orde wat we geleerd hebben uit dit project en wat we nog zouden kunnen verbeteren. De onderwerpen komen op volgorde van belangrijkheid aan de orde.

Berekenen zichtbaarheid landschap
Het berekenen van de zichtbaarheid van het landschap met ViewScape is een duidelijke verbetering ten opzichte van de KELK-analyses. Het detailniveau is veel hoger en er kan rekening gehouden worden met reliëf. Door het hoge detailniveau stellen we ook hogere eisen aan de input. TOP10-vector van 2006 blijkt nauwkeurig genoeg te zijn om openheidsanalyses mee uit te voeren en het is aannemelijk dat hetzelfde geldt voor TOP10NL.

Begripsbepaling openheid landschap
In het begin van ons onderzoek hebben we geworsteld met het begrip 'openheid van het landschap'. Het is subjectief en van een groot aantal factoren afhankelijk. Toch is gebleken dat met een beperkt aantal ruimtelijke maten te voorspellen is hoe open iemand een landschap vindt. Weitkamp (2010) heeft aangetoond dat een combinatie van de gemiddelde zichtlijn en de langste zichtlijn de beste indicator is voor openheid. De oppervlakte zichtbaar landschap is, zij het iets minder sterk, ook significant voor de beleving van openheid en is bovendien veel gemakkelijker te communiceren. Wij zien de zichtbare oppervlakte van een landschap als goed bruikbare maat voor de openheid ervan. Aangezien de beleving van openheid erg subjectief is zal het niet eenvoudig zijn de zichtbare oppervlaktes te vertalen naar openheidsklassen.

Bomenrijen
Bomenrijen vervullen een cruciale rol bij de beleving van de openheid van het landschap. Tot nu zijn de bomenrijen steeds als ondoorzichtig meegenomen, maar dat zijn ze allerminst. Het is onduidelijk wat de precieze invloed van de bomenrijen is op de beleving van de openheid en het is de vraag of hierover voldoende bekend is om de ViewScape-analyses hierop aan te passen. We kunnen het effect van bomenrijen op de analyse verkennen door ViewScape een keer met en een keer zonder bomenrijen te draaien. Door beide analyses met elkaar te vergelijken komen we erachter waar de bomenrijen een grote invloed hebben op de openheid van het landschap. Wellicht is het met de resultaten van beide analyses ook mogelijk voor open landschappen de mate van doorsnijding met bomenrijen te bepalen en zodoende de openheid te nuanceren.

Reliëf
ViewScape maakt het mogelijk om rekening te houden met het reliëf. De resultaten van de analyses met reliëf zijn nog niet gevalideerd. Dat zou nog wel moeten gebeuren. Het reliëf dat aan ViewScape wordt aangeboden komt van AHN. Met dat bestand zijn echter nog een aantal dingen mis. Watervlakken hebben geen hoogte en kunnen niet meegenomen worden in de analyse. In dit project is geprobeerd de waterhoogte te achterhalen door te kijken naar de oeverhoogte. Dit levert hier en daar onbetrouwbare en foutieve informatie op en het zou goed zijn om op zoek te gaan naar de werkelijke hoogten van oppervlaktewateren (hydrografische kaarten). Een ander probleem met AHN zijn de foutieve hoogten in de bebouwde omgeving. Dit probleem kan waarschijnlijk worden omzeild door alle bebouwing in de openheidskaart toe te kennen aan de kleinste openheidsklassen. Door rekening te houden met reliëf wordt het ook van belang om de hoogte van bossen, bomenrijen en gebouwen beter in te schatten. Er is een redelijke kans dat in de nabije toekomst op dit gebied nauwkeurigere informatie beschikbaar komt.

Er heeft geen validatie plaatsgevonden in reliëfrijke gebieden. Het strekt tot aanbeveling om dat in de toekomst wel te gaan doen.

Geluidsschermen
Bij het samenstellen van de basiskaart voor VierwScape waren er diverse problemen die niet naar tevredenheid zijn opgelost. Bij de huidige analyse is geen rekening gehouden met geluidsschermen langs wegen en spoorlijnen. Ze zitten tegenwoordig wel als zodanig in de topografische kaart, maar (nog) niet in het VIRIS-bestand van Alterra. Het is erg belangrijk voor de analyses dat de geluidsschermen op korte termijn aan VIRIS worden toegevoegd.

Opgaande objecten
Van de categorie 'overig grondgebruik' valt niet te zeggen in welke mate er opgaande objecten aanwezig zijn. Het zou goed zijn om in een korte studie te kijken naar het voorkomen van opgaande begroeiing op de categorie 'overig grondgebruik' en op basis daarvan een beslissing te nemen over hoe deze categorie in toekomstige analyses moet worden meegenomen.

Nauwkeurigheid topografische data
Bij monitoring stellen we zeer hoge eisen aan de nauwkeurigheid van de topografische data. De nadruk komt namelijk te liggen op de verschillen tussen bepaalde jaargangen. Om te kunnen monitoren moeten de veranderingen in het veld vele malen groter zijn dat de verbeteringen die in de kaarten worden aangebracht. Het is nog onduidelijk welke jaargangen van de digitale topografische kaarten betrouwbaar genoeg zijn om in een monitoringsreeks te worden opgenomen. Het is zelfs de vraag of zo'n kaart al bestaat. Mocht er op een gegeven moment besloten worden om te gaan monitoren, dan zal het resultaat moeten worden gevalideerd aan de hand van luchtfoto's.

VIRIS-bestand
Belangrijke input voor de basiskaart van ViewScape is het VIRIS-bestand van Alterra. Zolang ViewScape wordt gedraaid op een ondergrond met een resolutie van 25 meter is de continuïteit en betrouwbaarheid van dit bestand van groot belang. Daarnaast zou het handig zijn als in VIRIS de kaartbladgrenzen worden aangehouden en niet de landsgrens, ook als mocht blijken dat de topografische informatie uit België en Duitsland minder betrouwbaar is.
Ontstaan er problemen met het up-to-date houden van VIRIS en is er behoefte aan een regelmatige update van de openheidskaart, dan is het te overwegen om een script te schrijven dat de basiskaart voor ViewScape rechtstreeks opbouwt vanuit Top10NL.

Resolutie en aantal zichtlijnen
De door ons gebruikte resolutie van 25 meter en 360 zichtlijnen per punt blijken een structurele onderschatting van de zichtbare oppervlaktes te zien te geven. Dit speelt het sterkst in de directe omgeving van opgaande elementen en in kleinere ruimtes. Centraal in de grotere ruimtes (50 ha of meer) is de mate van onderschatting geringer. Toch lijkt het voor landsdekkende analyses van de openheid niet per se nodig een hogere resolutie en meer zichtlijnen aan te houden. Een hogere resolutie en meer zichtlijnen leveren niet per definitie een betere beschrijving van de werkelijkheid zoals die wordt beleefd. Daar komt bij dat de openheidskaart een legenda heeft met een beperkt aantal klassen. Veranderingen in de berekende oppervlakte resulteren vaak niet in een overgang naar een andere klasse. Bij analyses op regionaal en lokaal niveau ligt het wel voor de hand om met hogere resolutie, meer analysepunten en meer zichtlijnen te werken. Daarbij is het van belang om te weten welke betekenis (kleine) openingen in het landschap hebben voor de beleving.

Maximale waarneemafstand
Bij het kiezen van de maximale waarneemafstand zijn we min of meer pragmatisch te werk gegaan. De maximale afstand die door andere onderzoekers wordt aangehouden varieert van 1200 meter tot 3500 meter. Met het vergroten van de afstand neemt de analysetijd kwadratisch toe. Wij hebben gekozen voor een analyseafstand van 2200 meter die volgens ons goed werkbaar is, maar iets minder goed te onderbouwen. Het hangt er volgens ons nogal vanaf welke ruimtelijke maat binnen die afstand wordt berekend. Bij een grotere analyseafstand gaat er in de min of meer open landschappen veel ver weg gelegen ruimte meedoen terwijl die amper wordt ervaren. Grotere analyseafstanden hebben waarschijnlijk meer nut als ervoor gekozen wordt de langste zichtlijn mee te nemen bij het bepalen van de openheid. Het valt aan te bevelen om op dit punt nog wat onderzoek te verrichten.

Geraadpleegde literatuur

CBS, PBL & Wageningen UR (2009). Monitor Nationale Landschappen 2009. www.compendiumvoordeleefomgeving.nl. CBS, Den Haag; Planbureau voor de Leefomgeving, Den Haag/Bilthoven en Wageningen UR, Wageningen.

CBS, PBL &Wageningen UR (2012). Openheid landschap (indicator 1022, versie 03, 22 februari 2012). www.compendiumvoordeleefomgeving.nl. CBS, Den Haag; Planbureau voor de Leefomgeving, Den Haag/Bilthoven en Wageningen UR, Wageningen.

Clement, J, Y. van Randen & M. Storm (2015). VIRIS 2.0, Handleiding en metadata. WOt-technical report. Wettelijke Onderzoekstaken Natuur en Milieu, Wageningen UR, Wageningen.

Crespo Zapata, Ivan Alvaro (2010). Assessing the accuracy of the Topographic map (TOP10 vector) of the Netherlands for small and linear green elements (Internship Report GRS-70424) Wageningen University, Wageningen.

Daalhuizen, F., F. van Dam, M. Piek & N. Sorel (2008). Plattelandsontwikkeling en de gevolgen voor het landschap, Rotterdam/Den Haag: NAI Uitgevers/Ruimtelijk Planbureau.

Farjon, J.M.J., J. Roos-Klein Lankhorst en P.J.F.M. Verweij (2004). KELK 2003-landschapsmodule, Kennismodel voor de bepaling van Effecten van ruimtegebruiksveranderingen op de LandschapsKwaliteit, Werkdocument 2004/10. Natuurplanbureau, Wageningen.

Jochem, R. (2015). ViewScape Model 3.0, Technical Documentation of the Software Model. WOt-interne notitie. Wettelijke Onderzoekstaken Natuur en Milieu, Wageningen.

Kadaster (2007). Catalogus Basisregistratie Topografie versie 2.0.

Kadaster (2009). Basisregistratie Topografie, Levering 2009.

Piek, M. (2007). Snelwegpanorama's in Nederland, Rotterdam/Den Haag: Nai Uitgevers/Ruimtelijk Planbureau.

Rijkswaterstaat Data en ICT Dienst (1996-2004). Actueel Hoogtebestand Nederland (AHN-1). Rijkswaterstaat, Delft.

Topografische Dienst (1998). Productbeschrijving Top10vector.

Weitkamp, G. (2010). Capturing the View: A GIS based procedure to assess perceived landscape openness. Wageningen University, Wageningen.

Verantwoording

In het publicatiebeleid van WOT Natuur & Milieu is vastgelegd dat rapportages zoals de documentatie van een model of bestand uitgebracht worden in de reeks WOt-technical reports. In het geval deze documentatie onderdeel is van de kwaliteitsborging van het model of bestand wordt de review van de documentatie uitgevoerd door een auditteam volgens een formele auditprocedure aan de hand van de checklist 'Status A voor modellen' of de checklist 'Status A voor bestanden'. Status A is de door WOT Natuur & Milieu gehanteerde norm voor de basiskwaliteit van modellen en bestanden en legt de nadruk op volledigheid van de documentatie en structureel beheer van een model of bestand.

De documentatie van het mode Viewscape (deze rapportage) is beoordeeld door een auditteam van de WOT Natuur & Milieu, bestaande uit Harm Houweling, George van Voorn en Janien van der Greft. De beoordeling heeft plaats gevonden aan de hand van de checklist 'Status A voor modellen'. Hierbij is vastgesteld dat de documentatie van Viewscape voldoet aan deze norm. Status A is toegekend voor een periode van drie jaar.

Bijlage 1 Topografische grondgebruikstypen VIRIS

VIRISBESTAND	VERKLARING	TOP10 CODE
huihoogb	Hoogbouw	1030
huihuis	Huizen	1000
huitank	Opslagtanks	1080,1090
lynbomen	Bomenrijen	5120,5121,5122,5130,5131,5132,5190
lyndijkh	Dijken > 2,5m	7100,7101,7102
lyndijkl	Dijken 1-2,5m	7110,7111
lyngrep	Greppels	6000,6001,6002
lynheg	Heggen	5110,5111,5112
lynhversch	Hoogteverschillen	7220,7221,7222
lynpaden	Paden	3640,3641,3642
lynspoor	Spoorlijnen	4000,4001,4002,4010,4020,4040,4041, 4042,4050,4100,4102,4140
lynwal	Wallen	7150,7151,7152
lynwat03	Sloten < 3m	6010,6011,6012
lynwat36	Sloten 3-6m	6020,6021,6022
pntboom	Bomen	5000
pntemol	Energiemolen	1500
pntgedenk	Gedenkteken	1780
pnthune	Hunebed	1770
pntkapel	Kapel	1750
pntkerk	Religieus gebouw	1700
pntkruis	Kruis	1760
pntmast	Hoogspanningsmast	4800
pntwaterm	Watermolen	1530
pntwindm	Windmolen	1510
vlkbebou	bebouwd gebied	1012,1013,1023
vlkbouw	Bouwland	5202,5203
vlkfiets	Fietspaden	3602,3603
vlkfruit	Fruitkwekerijen en boomgaarden	5223,5312,5313
vlkgem	Gemengd bos	5062,5063
vlkgriend	Griend	5073
vlkgwat	Groot water (zee, IJsselmeer enz.)	6102,6103
vlkheide	Heide	5242,5243
vlkkas	Kassen	1073
vlkkwat	Open water (rivieren, meren, poelen enz.)	6112,6113
vlkkwek	Kwekerijen	5233
vlkloof	Loofbos	5022,5023
vlknaald	Naaldbos	5052,5053
vlkonverh	Onverharde wegen	3402,3403,3412,3413,3423,3432,3433
vlkoverig	Overig bodemgebruik	5262,5263
vlkpopu	Populierenopstand	5083
vlkprk	Parkeerplaatsen	3902,3903
vlksnelw	Autosnelwegen	2002,2003
vlkstraat	Straten, passages, voetgangersgebied	3462,3463,3472,3473,3532,3533
vlkweg2m	Wegen > 2m	3302,3303,3342,3343
vlkweg4m	Wegen > 4m	3202,3203,3242,3243
vlkweg7m	Wegen > 7m	3102,3103,3142,3143
vlkweggr	Wegen gesch. rijbanen	2802,2803,2872,2873,2902,2903,3002,3003
vlkwegvr	Wegen verbindingsroutes	2083,2102,2103,2202,2203,2302,2303, 2342,2343,2402,2403,2442,2443,2503
vlkwei	Weiland	5212,5213
vlkzand	Zand	5252,5253

Bijlage 2 Bruikbaarheid grondgebruikstypen VIRIS

VIRIS	OPGAAND	GEBRUIK OPENHEID	OPMERKING
huihoogb	Ja	Oppervlakte sommeren	Dubbeltelling mogelijk
huihuis	Ja	Oppervlakte sommeren	
huitank	Ja	Oppervlakte sommeren	
lynbomen	Ja	Lengte sommeren	Eigenlijk half doorzichtig
lyndijkh	Nee	Zit in terreinhoogte	
lyndijkl	Nee	Zit in terreinhoogte	
lyngrep	Nee	Niet	
lynheg	Ja	Lengte sommeren	
lynhversch	Nee	Zit in terreinhoogte	
lynpaden	Nee	Niet	
lynspoor	Nee	Niet	
lynwal	Nee	Zit in terreinhoogte	
lynwat03	Nee	Niet	
lynwat36	Nee	Niet	
pntboom	Nee	Vermenigvuldigen met opp. of aantal per cel.	
pntemol	Nee	Niet, is puntsymbool	
pntgedenk	Nee	Niet, is puntsymbool	
pnthune	Nee	Niet, is puntsymbool	
pntkapel	Nee	Niet, is puntsymbool	
pntkerk	Nee	Niet, is puntsymbool	
pntkruis	Nee	Niet, is puntsymbool	
pntmast	Nee	Niet, is puntsymbool	
pntwaterm	Nee	Niet, is puntsymbool	
pntwindm	Nee	Niet, is puntsymbool	
vlkbebou	Ja	Oppervlakte sommeren	
vlkbouw	Nee	Niet	
vlkfiets	Nee	Niet	
vlkfruit	Ja	Oppervlakte sommeren	
vlkgem	Ja	Oppervlakte sommeren	
vlkgriend	Ja	Oppervlakte sommeren	
vlkgwat	Nee	Niet	
vlkheide	Nee	Niet	
vlkkas	Ja	Oppervlakte sommeren	
vlkkwat	Nee	Niet	
vlkkwek	Ja	Oppervlakte sommeren	
vlkloof	Ja	Oppervlakte sommeren	
vlknaald	Ja	Oppervlakte sommeren	
vlkonverh	Nee	Niet	
vlkoverig	Nee	Hangt van begroeiing af	Begroeiing mogelijk via AHN. Voorlopig niet meegenomen.
vlkpopu	Ja	Oppervlakte sommeren	
vlkprk	Nee	Niet	
vlksnelw	Nee	Niet	
vlkstraat	Nee	straten, passages, voetgangersgebied	
vlkweg2m	Nee	Niet	
vlkweg4m	Nee	Niet	
vlkweg7m	Nee	Niet	
vlkweggr	Nee	Niet	
vlkwegvr	Nee	Niet	
vlkwei	Nee	Niet	
vlkzand	Nee	Niet	

Bijlage 3 Tekst enquête halfopen landschap

Geachte heer/mevrouw,

In het verleden heeft u via de website www.daarmoetikzijn.nl te kennen gegeven mee te willen werken aan onderzoek naar de beleving van het Nederlandse landschap. Wij hopen dat dit nog steeds zo is want u kunt ons van essentiële informatie voorzien.

We zijn bezig met een onderzoek naar de openheid van het Nederlandse landschap. Daarbij valt vaak de term 'halfopen landschap'. Hiermee worden landschappen bedoeld waar akkers, weilanden, water, etc. worden afgewisseld met bos, bomenrijen en gebouwen. Maar wanneer noem je een landschap nog halfopen? Dat is voor iedereen anders. Wat de een halfopen noemt is voor de ander besloten en voor weer een ander juist open Daarom vragen wij aan u het volgende: kunt u ons wijzen op een punt in een landschap dat u kent waarvan u, om u heen kijkend, zegt: "dit noem ik halfopen".

Met alle punten die we binnen krijgen gaan we aan het rekenen om erachter te komen wat precies de kenmerken zijn van een halfopen landschap. Hoe meer punten we verzamelen des te nauwkeuriger we de berekeningen kunnen uitvoeren. Uiteindelijk willen we een kaart van Nederland maken met open, halfopen en besloten landschappen en gaan we in de loop van de jaren volgen hoe de openheid van het landschap zich ontwikkelt.

Lees hieronder hoe u te werk gaat. Bent u ervaren met Google maps, volg dan alstublieft toch onderstaande instructies! De instructies vindt u ook in een meegestuurde pdf, zodat u die naast Google Maps kunt openen. Komt u er met de korte instructie niet uit, volg dan de uitgebreidere instructie verderop.

Korte instructie:

1) Haal in een landschap dat u kent een punt voor de geest waarvan u, om u heen kijkend, zegt: "dit noem ik halfopen".
2) Ga naar www.maps.Google.nl. en klik op 'Routebeschrijving'.
3) Typ achter Ⓐ de naam van een plaats in de buurt van de plek die u in gedachten hebt en druk op 'Enter'.
4) Verplaats de druppel naar de plek die u in gedachten hebt. Zoom daarvoor eventueel verder in.
5) Let op! Vul niets in achter Ⓑ
6) Druk op 'verzenden' en volg de instructies van Google. Ons e-mailadres is Daarmoetikzijn@wur.nl

We zijn heel benieuwd!
Kent u mensen die dit een leuk onderwerp zullen vinden? Stuur de mail gerust door.

Wilt u niet meer door ons benaderd worden? Stuur dan een e-mail met als onderwerp 'benader mij niet meer' naar Daarmoetikzijn@wur.nl

Vriendelijke groet,

Henk Meeuwsen en Ruut Wegman
Alterra, onderdeel van Wageningen Universiteit
Team Ecologische Modellen en Monitoring

Uitgebreide instructie

1) Haal in een landschap dat u kent een punt voor de geest waarvan u, om u heen kijkend, zegt: "dit noem ik halfopen".

2) Ga naar www.maps.Google.nl. en klik op 'Routebeschrijving' (of 'Get Directions'). Vul dus niets in achter het logo van 'Google maps Nederland' (zie afbeelding).

3) Typ achter de (A) de naam van een plaats, eventueel gevolgd door een straatnaam, in de buurt van de plek die u in gedachten hebt en druk op 'Enter'.

4) Google maps zoomt nu in naar de opgegeven locatie en plaatst daar een groene omgekeerde druppel met de letter A. Verschijnt er geen druppel, type dan de naam van een iets grotere plaats in de buurt.

5) Zoom verder in naar de precieze plek die u wilt doorgeven.
   a. Kies rechtsboven voor 'Kaart' of 'Satelliet', wat u het gemakkelijkst vindt.
   b. Gebruik het handje om de kaart te verschuiven.
   c. Gebruik de schuifbalk linksboven (of het scrollwiel op de muis) om in of uit te zoomen.

6) Sleep de omgekeerde druppel met de letter A naar de plek waar u het landschap halfopen vindt. (Springt de druppel vanzelf naar de dichtstbijzijnde weg en is dat niet uw bedoeling, zoom dan wat verder in.)

7) Let op! Vul niets in achter .

8) Staat de omgekeerde druppel op de plek die u wilt doorgeven, druk dan op 'verzenden' (direct rechtsboven de kaart).

9) Vul onder 'verzenden aan' Daarmoetikzijn@wur.nl in.

10) Vul onder 'verzenden van' uw eigen e-mailadres in.

11) Klik op 'verzenden' en volg de instructies van Google.

Bijlage 4 Opties voor validatie

In de loop van het project zijn er verschillende opties bekeken voor de validatie van ViewScape. In deze bijlage staan de opties die, om inhoudelijke of financiële redenen, zijn afgevallen.

Veldbezoek met deskundigen
We zouden met een groep deskundigen in een touringcar langs diverse locaties kunnen rijden waarvan we de openheidmaten kennen. De deskundigen waarderen de openheid en wij vergelijken die met de berekende maten. Iets dergelijks is al gedaan met een groep van 32 studenten in de Gelderse Vallei (Weitkamp, 2010). Zij bezochten dertien locaties, variërend van zeer open (zowel gemiddelde als maximale zichtlijn van 1200 meter) tot zeer besloten (gemiddelde en maximale zichtlijn ongeveer 150 m). Hieruit kwam naar voren dat (betrouwbaarheidsinterval 0,01) de gemiddelde afstand van waarneempunt tot obstakel (zichtlijn) de hoogste verklarende variantie te zien gaf met de in het veld gescoorde mate van openheid (R van 0,914). De combinatie van gemiddelde afstand en maximale afstand gaf een nog beter resultaat (R van 0,954). De zichtbare oppervlakte (sterk gecorreleerd met de gemiddelde zichtlijn!) was ook significant (R = 0,850) evenals nog een aantal andere maten. Vreemd bij deze studie was wel dat de waargenomen openheid bij twee van de dertien punten flink hoger was dan je op grond van de maximale en gemiddelde zichtlijn zou verwachten. Wellicht spelen op de betreffende locaties nog een aantal andere factoren een rol. Om dit soort eigenaardigheden te voorkomen zouden per openheidklasse meerdere punten bezocht moeten worden. Het lijkt erop dat voor zo'n onderzoek de komende tijd onvoldoende middelen zijn vrij te maken. Daarbij is het de vraag of het nodig is dit onderzoek uit te voeren gezien de hoge verklarende varianties die zijn gevonden in het onderzoek van Weitkamp.

Deskundigen op Google Maps
Als tweede mogelijkheid zouden we deskundigen kunnen vragen om via Google Maps locaties door te geven met daarbij een score voor de openheid, bijvoorbeeld tussen 1 en 9 (0 is gesloten en 10 is volledig open). Daarbij wordt de geënquêteerde gevraagd daadwerkelijk op door hemzelf te kiezen punten in het landschap te gaan staan en ter plekke een oordeel te noteren. Deze methode heeft de volgende voordelen:

- er kan een onbeperkt aantal deskundigen worden geraadpleegd;
- deskundigen doen een uitspraak over een plek die ze goed kennen;
- er kunnen heel veel punten worden verzameld, met een grote spreiding in waarden voor de ruimtelijke parameters;
- qua logistiek relatief gemakkelijk uitvoerbaar.

Er zijn echter ook een aantal nadelen:

- komt er voldoende respons?
- deskundigen doen een uitspraak over een plek die ze goed kennen (dit kan de perceptie beïnvloeden);
- we hebben geen invloed op de spreiding van de waarden van de ruimtelijke parameters;
- het is niet te controleren of de proefpersoon daadwerkelijk de score in het veld heeft genoteerd;
- omstandigheden (weer bijvoorbeeld) waaronder de waarnemingen worden gedaan zijn niet gelijk.

Een vergelijkbare methode is uitgevoerd op een groep vrijwilligers die werd gevraagd een punt door te geven in een halfopen landschap. Nogal wat proefpersonen gaven een punt door in een landschap dat er van bovenaf halfopen uitziet, terwijl de directe omgeving van het punt moeilijk halfopen was te noemen.

Deskundigen beoordelen kaart
Tot slot kunnen we, op grond van het onderzoek van Weitkamp, zelf een openheidkaart van Nederland maken met bijvoorbeeld vijf openheidklassen. Daarnaast kunnen we ook gebruik maken van de 600 punten in halfopen landschappen die we via een enquête te weten zijn gekomen (zie Paragraaf 3.3.1).

Zetten we deze punten uit tegen een aantal ruimtelijke maten, dan ontstaat er een puntenwolk die we in drie delen kunnen opsplitsen wat ons drie gradaties halfopen landschappen oplevert. Buiten de puntenwolk liggen de gesloten en de open landschappen. De uiteindelijke openheidkaart leggen we voor aan een vijftal deskundigen, mensen die het Nederlandse landschap goed kennen, met de vraag of de gegeven openheidklasse overeenkomt met de situatie ter plekke. Deze methode is vrij zacht, maar veruit het eenvoudigst en in enkele dagen uit te voeren.

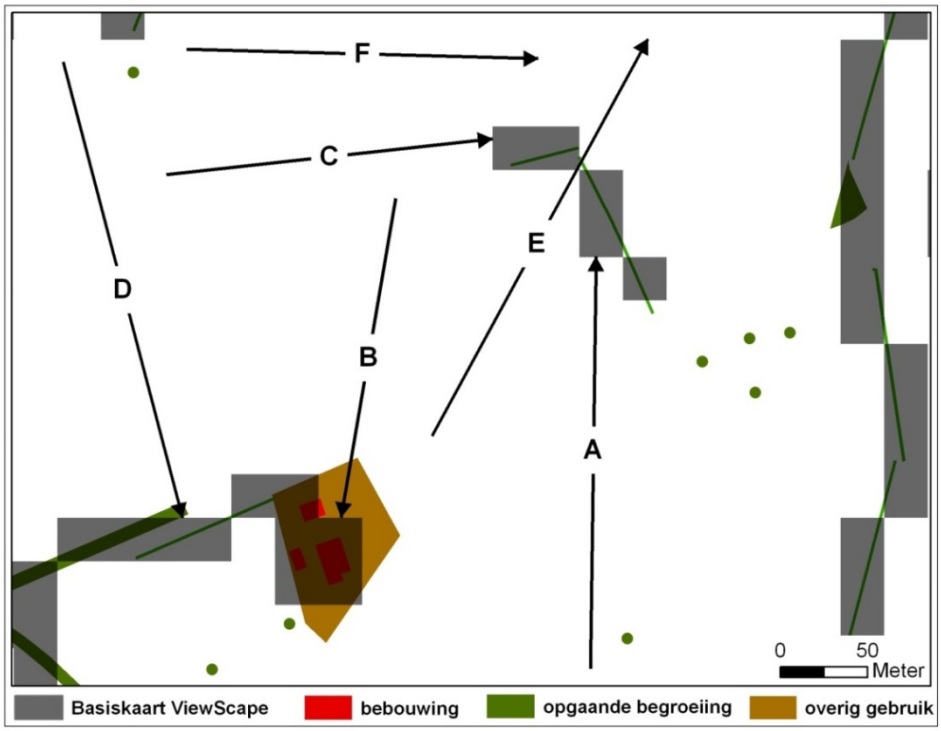
Via zichtlijnen

Of de berekende oppervlaktes overeenkomen met de situatie in het veld zou bepaald kunnen worden met een laser, maar dit heeft een aantal nadelen:

- bomenrijen worden door ons als gesloten beschouwd, maar een laserstraal gaat op de boomstammen na door de bomenrijen heen;
- het is zeer tijdsintensief;
- vertroebeling door een mismatch tussen werkelijkheid en topografische kaart;
- ook met een laserstraal meet je geen oppervlakten, maar lengten van zichtlijnen;
- laserstraal kan terugkaatsen op allerlei niet relevante objecten (rietstengels bijv.).

Het ligt dus meer voor de hand om naar de berekende zichtlijnen zelf te kijken. De berekende oppervlakte is immers een optelsom van alle berekende zichtlijnen. We willen weten of de berekende zichtlijnen stoppen op de plek waar ze moeten stoppen. Daarbij kunnen we als ondergrond zowel de basiskaart van ViewScape gebruiken als de topografische kaart en AHN. Door ook de Topografische kaart erbij te betrekken komen we erachter in welke mate de basiskaart een goede weergave is van de topografische werkelijkheid.

Er kunnen zich verschillende situaties voordoen (zie figuur hierna).



- Zichtlijn A stopt netjes waar hij moet stoppen, maar was in een vectoranalyse langer geweest. De manier waarop de lijn wordt aangesneden speelt daarbij een rol.
- Zichtlijn B stopt netjes waar hij moet stoppen, maar was in een vectoranalyse langer geweest, tenzij overig grondgebruik was meegenomen.
- Zichtlijn C stopt netjes waar hij moet stoppen, maar was in een vectoranalyse veel langer geweest.
- Zichtlijn D stopt netjes waar hij moet stoppen, maar was in een vectoranalyse iets korter geweest.
- Zichtlijn E lijkt te lang te zijn berekend, tenzij reliëf hier een rol speelt.

- Zichtlijn F lijkt veel te kort te zijn berekend, tenzij reliëf hier een rol speelt.
- Voor alle zichtlijnen geldt dat ze misschien wel korter hadden moeten zijn in verband met mogelijk aanwezig reliëf, maar dat valt hier niet te zien.

Omdat we een zo goed mogelijke spreiding over het land en de Nederlandse landschappen nastreven gaan we niet een aantal random punten selecteren en daarvan alle 360 zichtlijnen bekijken. We gaan een groot aantal random punten selecteren en voor elk punt een random zichtlijn projecteren op de genoemde kaarten. De volgende stappen moeten worden doorlopen:

- Selectie van 1000 (?) punten verspreid over het land.
- ViewScape wordt zodanig aangepast dat voor elk punt één random gekozen zichtlijn in een shape-file wordt gezet waarbij duidelijk is wat het beginpunt en het eindpunt van de lijn is.
- Er wordt een 'intersect' uitgevoerd tussen alle zichtlijnen en de basiskaart,
  - zichtlijnen met een intersectie zijn te lang berekend, tenzij het betreffende object schuilgaat achter een helling;
  - zichtlijnen die geen intersectie hebben zijn te kort berekend of eindigen tegen het terrein.
- Er wordt een 'intersect' uitgevoerd tussen alle zichtlijnen en TOP10,
  - zichtlijnen waarvan meer dan 35 meter (maximale afstand binnen een cel) wordt 'afgehakt' zijn te lang berekend;
  - zichtlijnen die geen intersectie hebben zijn te kort berekend of eindigen tegen het terrein.
- De invloed van het reliëf op de zichtlijnen wordt met het oog bekeken, of misschien lukt het om dit te automatiseren. Dit laten we afhangen van het aantal situaties waarin reliëf een rol speelt.
- Voor een eventuele visuele controle worden de zichtlijnen geprojecteerd op de volgende ondergronden:
  - TOP10vector of TOP10NL, versie 2009
  - Basiskaart van ViewScape
  - AHN
- Voor elke zichtlijn worden de hierboven genoemde punten gecontroleerd. Een deel daarvan kan automatisch worden uitgevoerd, een deel zal visueel moeten worden gecontroleerd.

Aldus bepalen we welk aandeel van de zichtlijnen een correcte lengte heeft volgens de basiskaart (en AHN) en volgens de topografische kaart. We bepalen ook in welke mate de gemiddelde lengte van de zichtlijnen afwijkt van de werkelijke lengte. Zonder de werkelijke lengte te meten kunnen we namelijk nog niet zo veel zeggen. Wijken de lengtes niet veel af, dan is er weinig aan de hand. Is de gemiddelde afwijking ongeveer 0, dan kunnen we zonder problemen landelijke statistieken maken. Is de gemiddelde afwijking > 0 (zichtlijnen zijn te lang), resp. < 0 (zichtlijnen te kort), dan overschatten resp. onderschatten we oppervlakte zichtbaar landschap. Is het gemiddelde ongeveer 0, maar is een substantieel aantal zichtlijnen te kort en te lang, dan moeten we oppassen met regionale analyses. In het ergste geval moeten we ViewScape aanpassen of de criteria voor de basiskaart aanpassen. Het aantal punten wordt bepaald door de fluctuaties in de uitkomsten. Zodra de uitkomst min of meer stabiel blijft zijn er genoeg punten bekeken.

Vergelijking met vectoranalyses

Gerd Weitkamp (2010) heeft op diverse plaatsen in Nederland met Isovist-software de oppervlakte zichtbaar landschap berekend. Daarbij heeft hij geen rekening gehouden met reliëf. We zouden kunnen kijken hoe onze oppervlaktes zich verhouden tot de door hem gevonden waardes. Daarbij moeten we wel zeker weten dat we met exact hetzelfde basismateriaal werken.

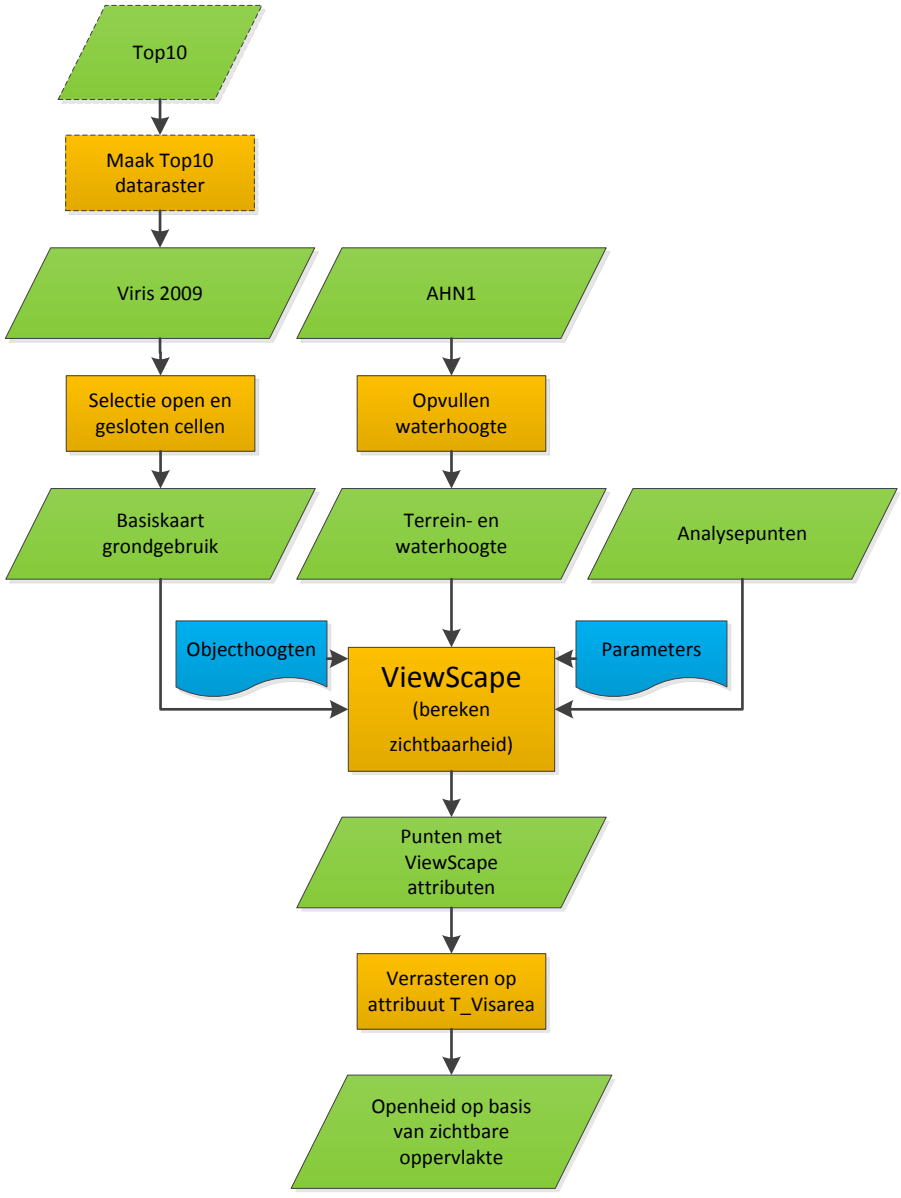
Worst case-scenario's

Voor een aantal situaties kunnen worst case-scenario's worden uitgewerkt. De vraag daarbij is: hoe groot is de fout als alle omstandigheden maximaal tegenzitten. Als zelfs in zo'n situatie de fout relatief klein is hoeven we ons geen zorgen te maken. De volgende punten komen in aanmerking:

- de fout die wordt gemaakt bij ver weg gelegen kleine objecten die niet geraakt worden door een zichtlijn (afhankelijk van maximale waarneemafstand en aantal zichtlijnen);
- de fout die wordt gemaakt bij analysepunten per 100 meter in langgerekte horizontaal of verticaal georiënteerde ruimtes;
- criteria grondgebruik bij maken basiskaart.

Bijlage 5 Stroomschema

Figuur 40 geeft een overzicht van bestanden (groen), processen (oranje) en instellingen (blauw) die aan de basis staan van de openheidskaart zoals opgenomen in het Compendium voor de Leefomgeving.



***Figuur 40**: stroomschema openheidskaart*

Bijlage 6 Metadata bestanden openheidskaart

Basiskaart grondgebruik
Naam: gesloten09
Inhoud: zicht belemmerende cellen
Korte omschrijving: cellen zijn getypeerd als zicht belemmerend (1) of niet (0) op basis van aanwezige grondgebruikstypen in VIRIS van 2009.
Type bestand: ArcGIS, export van raster (.flt en .hdr)
Resolutie: 25 meter
Dekking: Nederland, inclusief IJsselmeer, Waddenzee en Zeeuwse wateren
Kennisniveau gebruiker: beginner ArcGIS op gebied van rasterbestanden
Releasedatum: 18 augustus 2011
Gebruikte input: Viris2009
Gebruikt model: M-schijf Henk Meeuwsen, M:\ArcGIS\Eigenscripts\Openheid\Openheidbasis8.py (python script)
Fysieke locatie: Computer 0116742 (Henk Meeuwsen) , map: 'E:\OpenheidToepassing\CompendiumLeefomgeving\InputViewScape\gesloten09.flt\'
Beheer: Bestand wordt beheerd met behulp van SVN op computer D0118246\SVNRepro2010\ ViewScape_Openheid2009_Compendium
Opmerking: Er vinden geen regelmatige updates plaats van de VIRIS-kaartlagen!

Terrein- en waterhoogte
Naam: terrein_h2o
Inhoud: terrein- en waterhoogte in cm ten opzichte van NAP
Korte omschrijving: elke cel heeft een hoogte ten opzichte van NAP. Basiskaarten zijn AHN1 met een resolutie van 5 meter en AHN1 met een resolutie van 25 meter. Waterhoogten (niet in AHN) zijn berekend met behulp van interpolatie, uitgaande van de oever.
Type bestand: ArcGIS, export van raster (.flt en .hdr)
Resolutie: 25 meter
Dekking: Nederland, inclusief IJsselmeer, Waddenzee en Zeeuwse wateren
Kennisniveau gebruiker: beginner ArcGIS op gebied van rasterbestanden
Releasedatum: 18 augustus 2011
Gebruikte input: AHN1
Gebruikt model: M-schijf Henk Meeuwsen, M:\ArcGIS\EigenToolboxen\Openheid.tbx\Waterhoogte (model in *model builder* van ArcGIS)
Fysieke locatie: Computer 0116742 (Henk Meeuwsen) , map: 'E:\OpenheidToepassing\CompendiumLeefomgeving\InputViewScape\gesloten09.flt'
Beheer: Bestand wordt beheerd met behulp van SVN op computer D0118246\SVNRepro2010\ ViewScape_Openheid2009_Compendium

Analysepunten
Naam: punten100m_nl.shp
Inhoud: analysepunten op onderlinge afstanden van 100 meter
Type bestand: ArcGIS, shape file
Dekking: Nederland, inclusief IJsselmeer, Waddenzee en Zeeuwse wateren
Kennisniveau gebruiker: beginner ArcGIS op gebied van vectorbestanden
Releasedatum: 22 augustus 2011
Fysieke locatie: Computer 0116742 (Henk Meeuwsen) , map: 'E:\OpenheidToepassing\CompendiumLeefomgeving\InputViewScape\punten100m_nl.shp'
Beheer: Bestand wordt beheerd met behulp van SVN op computer D0118246\SVNRepro2010\ ViewScape_Openheid2009_Compendium

Punten met ViewScape attributen
Naam: NL25Z0360R.shp
Inhoud: openheidsmaten (o.a. zichtbare oppervlakte, langste zichtlijn, kortste zichtlijn en kortste afstand) toegekend aan de punten in punten100m_nl.shp.
Type bestand: ArcGIS, punten shape file
Dekking: Nederland, inclusief IJsselmeer, Waddenzee en Zeeuwse wateren
Kennisniveau gebruiker: beginner ArcGIS op gebied van vectorbestanden
Releasedatum: 23 november 2011, 03.23 uur
Gebruikte model: ViewScape, versie 3.0
Fysieke locatie: Computer 0116742 (Henk Meeuwsen) , map: 'E:\OpenheidToepassing\CompendiumLeefomgeving\OutputViewScape\ NL25Z0360R.shp'
Beheer: Bestand wordt beheerd met behulp van SVN op computer D0118246\SVNRepro2010\ ViewScape_Openheid2009_Compendium

Parameter settings ViewScape 3.0

Parameter	Waarde	Korte motivatie
Resolutie analyse	100 m	Hoog genoeg voor landsdekkende kaart en nog werkbaar gezien de rekentijd (ruim 4,5 miljoen punten).
Analyseafstand	2200 m	Onderzoek Weitkamp (2010) en beperken rekentijd.
Objecthoogte	10 m	Hoger dan ooghoogte en ongeveer de hoogte van een huis (van belang in reliëfrijke gebieden).
Waarneemhoogte	1,5 m	Ongeveer ooghoogte.
Verticale kijkhoek	6%	Geschat, stijgingspercentage Grebbeberg
Aantal zichtlijnen	360	Voldoende nauwkeurig om zichtbare oppervlakte te beschrijven.

Openheid op basis van zichtbare oppervlakte
Naam: zichtb09ha
Inhoud: zichtbare oppervlakte in hectares binnen een straal van 2200 meter
Korte omschrijving: de zichtbare oppervlakte vanuit een waarneempunt is de oppervlakte van de ruimte die begrensd wordt door objecten waar niet overheen gekeken kan worden. De ruimte wordt bepaald door het model ViewScape dat 360 graden 'om zich heen kijkt'.
Type bestand: ArcGIS, raster
Resolutie: 100 meter
Dekking: Nederland, inclusief IJsselmeer, Waddenzee en Zeeuwse wateren
Kennisniveau gebruiker: beginner ArcGIS op gebied van rasterbestanden
Fysieke locatie: Computer 0116742 (Henk Meeuwsen) , map: 'E:\OpenheidToepassing\CompendiumLeefomgeving\Figuur2009\mxdfiguur\zichtb09ha'
Legenda-file: map: 'E:\OpenheidToepassing\CompendiumLeefomgeving\Figuur2009\Layers', bestand: 'Zichtbare oppervlakte.lyr'
Gebruik: Gratis, met bronvermelding
Bronvermelding: Meeuwsen, H.A.M. en R. Jochem (2015). Openheid van het landschap. Berekeningen met het model ViewScape. WOt-technical report 44. WOT Natuur & Milieu, Wageningen UR, Wageningen.
Beheer: Bestand en legenda-file zijn opgenomen in DUIN en worden beheerd door de Geodesk, ook opgenomen in SVN op computer D0118246\SVNRepro2010\ ViewScape_Openheid2009_Compendium

Contactpersoon: Henk Meeuwsen, henk.meeuwsen@wur.nl

De bebouwde omgeving in het bestand wordt afgedekt met:
Bestand: Computer 0116742 (Henk Meeuwsen) , map: 'E:\OpenheidToepassing\CompendiumLeefomgeving\Figuur2009\mxdfiguur', bestand: 'bebouwd09_100'
Legenda-file: map: 'E:\OpenheidToepassing\CompendiumLeefomgeving\Figuur2009\Layers', bestand: 'Bebouwd09_100. lyr'

Bijlage 7 Metadata testbestanden en validatie

Zicht belemmerende cellen Haulerwijk
Naam: haul_basis5m
Inhoud: Zicht belemmerden objecten verrasterd met een resolutie van 5 meter in de omgeving van Haulerwijk.
Type bestand: ArcGIS, rasterbestand
Dekking: Omgeving Haulerwijk, ca. 13 bij 12 kilometer, exclusief de punten aan de rand die 'het gebied uit kijken'.
Kennisniveau gebruiker: beginner ArcGIS op gebied van vectorbestanden
Releasedatum: 21 juni 2011 (export file)
Gebruikt model: M-schijf Henk Meeuwsen, M:\ArcGIS\EigenToolboxen\Openheid.tbx\Basiskaartvalidatie (model in model builder van ArcGIS). Input van het model zijn uitsneden uit Top10NL2009 (lijnen, vlakken en gebouwen). Output van het model is geaggregeerd naar een resolutie van 5 meter!
Fysieke locatie: E:\Openheid\Analyses2010\Validatie\Proefgebied\Rasters\haul_basis5m
Fysieke locatie export file: E:\Openheid\Analyses2010\Validatie\Input ViewScape\haulerwijk5m.flt en .hdr
Beheer: Bestand wordt beheerd met behulp van SVN op computer D0118246\SVNRepro2010\ViewScape_openheidTest

Testpunten Haulerwijk
Naam: analysepunten_haul.shp
Inhoud: Set van 13.180 testpunten met de door ViewScape berekende oppervlakte zichtbaar landschap bij verschillende resoluties en aantallen zichtlijnen
Attributen:
- Vis05Z2880: zichtbare oppervlakte in ha bij een resolutie van 5 meter en 2880 zichtlijnen
- Vis05Z360: zichtbare oppervlakte in ha bij een resolutie van 5 meter en 360 zichtlijnen
- Vis25Z2880: zichtbare oppervlakte in ha bij een resolutie van 25 meter en 2880 zichtlijnen
- Vis25Z360: zichtbare oppervlakte in ha bij een resolutie van 25 meter en 360 zichtlijnen
- PHighRes: Percentage dat gezien wordt bij lage resolutie ten opzichte van hoge resolutie ((Vis25Z360/Vis25Z2880) * 100)
- P_int: percentage als integer

Type bestand: ArcGIS, punten shape file
Dekking: Omgeving Haulerwijk, ca. 13 bij 12 kilometer, exclusief de punten aan de rand die 'het gebied uit kijken'.
Kennisniveau gebruiker: beginner ArcGIS op gebied van vectorbestanden
Releasedatum: 10 november 2011
Gebruikt model: ViewScape, versie 3.0
Fysieke locatie: Computer 0116742 (Henk Meeuwsen) , map: E:\Openheid\Analyses2010\Validatie\Input ViewScape\analysepunten_haul.shp'
Beheer: Bestand wordt beheerd met behulp van SVN op computer D0118246\SVNRepro2010\ViewScape_openheidTest

Zichtvlakken Haulerwijk
Naam: HLrrZzzzzV.shp
Inhoud: Door ViewScape berekende zichtvlakken in de omgeving van Haulerwijk, bij verschillende resoluties (rr= 05 of 25 meter) en aantallen zichtlijnen (zzzz = 360 of 2880).
Type bestand: ArcGIS, shape file
Dekking: Omgeving Haulerwijk, ca. 13 bij 12 kilometer, exclusief de punten aan de rand die 'het gebied uit kijken'.
Kennisniveau gebruiker: beginner ArcGIS op gebied van vectorbestanden
Releasedatum: 1, 3, 9 en 10 november 2011
Gebruikt model: ViewScape, versie 3.0

Fysieke locatie: Computer 0116742 (Henk Meeuwsen) , map: E:\Openheid\Analyses2010\Validatie\Output ViewScape\HLrrZzzzzV.shp'
Beheer: Bestand wordt beheerd met behulp van SVN op computer D0118246\SVNRepro2010\ViewScape_openheidTest

Verschenen documenten in de reeks Technical reports van de Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu

WOt-technical reports zijn verkrijgbaar bij het secretariaat van Unit Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu te Wageningen. T 0317 – 48 54 71; E info.wnm@wur.nl
WOt-technical reports zijn ook te downloaden via de website www.wageningenUR.nl/wotnatuurenmilieu

1	Arets, E.J.M.M., K.W. van der Hoek, H. Kramer, P.J. Kuikman & J.-P. Lesschen (2013). *Greenhouse gas reporting of the LULUCF sector for the UNFCCC and Kyoto Protocol. Background to the Dutch NIR 2013.*
2	Kleunen, A. van, M. van Roomen, L. van den Bremer, A.J.J. Lemaire, J-W. Vergeer & E. van Winden (2014). *Ecologische gegevens van vogels voor Standaard Gegevensformulieren Vogelrichtlijngebieden.*
3	Bruggen, C. van, A. Bannink, C.M. Groenestein, B.J. de Haan, J.F.M. Huijsmans, H.H. Luesink, S.M. van der Sluis, G.L. Velthof & J. Vonk (2014). *Emissies naar lucht uit de landbouw in 2012. Berekeningen van ammoniak, stikstofoxide, lachgas, methaan en fijn stof met het model NEMA*
4	Verburg, R.W., T. Selnes & M.J. Bogaardt (2014). *Van denken naar doen; ecosysteemdiensten in de praktijk. Case studies uit Nederland, Vlaanderen en het Verenigd Koninkrijk.*
5	Velthof, G.L. & O. Oenema (2014). *Commissie van Deskundigen Meststoffenwet. Taken en werkwijze; versie 2014*
6	Berg, J. van den, V.J. Ingram, L.O. Judge & E.J.M.M. Arets (2014). *Integrating ecosystem services into tropical commodity chains- cocoa, soy and palm oil; Dutch policy options from an innovation system approach*
7	Knegt de, B., T. van der Meij, S. Hennekens, J.A.M. Janssen & W. Wamelink (2014). *Status en trend van structuur- en functiekenmerken van Natura 2000- habitattypen op basis van het Landelijke Meetnet Flora (LMF) en de Landelijke Vegetatie Databank (LVD). Achtergronddocument voor de Artikel 17-rapportage.*
8	Janssen, J.A.M., E.J. Weeda, P.C. Schipper, R.J. Bijlsma, J.H.J. Schaminée, G.H.P. Arts, C.M. Deerenberg, O.G. Bos & R.G. Jak (2014). *Habitattypen in Natura 2000-gebieden. Beoordeling van oppervlakte representativiteit en behoudsstatus in de Standard Data Forms (SDFs).*
9	Ottburg, F.G.W.A., J.A.M. Janssen (2014).*Habitatrichtlijnsoorten in Natura 2000-gebieden. Beoordeling van populatie, leefgebied en isolatie in de Standard Data Forms (SDFs)*
10	Arets, E.J.M.M. & F.R. Veeneklaas (2014). *Costs and benefits of a more sustainable production of tropical timber.*
11	Vader, J. & M.J. Bogaardt (2014). *Natuurverkenning 2 jaar later; Over gebruik en doorwerking van Natuurverkenning 2010-2040.*
12	Smits, M.J.W. & C.M. van der Heide (2014). *Hoe en waarom bedrijven bijdragen aan behoud van ecosysteemdiensten; en hoe de overheid dergelijke bijdragen kan stimuleren.*
13	Knegt, B. de (ed.) (2014). *Graadmeter Diensten van Natuur; Vraag, aanbod, gebruik en trend van goederen en diensten uit ecosystemen in Nederland.*
14	Beltman, W.H.J., M.M.S. Ter Horst, P.I. Adriaanse, A. de Jong & J. Deneer (2014). *FOCUS_TOXSWA manual 4.4.2; User's Guide version 4.*
15	Adriaanse, P.I., W.H.J. Beltman & F. Van den Berg (2014). *Metabolite formation in water and in sediment in the TOXSWA model. Theory and procedure for the upstream catchment of FOCUS streams*.
16	Groenestein, K., C. van Bruggen en H. Luesink (2014). *Harmonisatie diercategorieën*
17	Kistenkas, F.H. (2014). *Juridische aspecten van gebiedsgericht natuurbeleid (Natura 2000)*
18	Koeijer, T.J. de, H.H. Luesink & C.H.G. Daatselaar (2014). *Synthese monitoring mestmarkt 2006 – 2012*.
19	Schmidt, A.M., A. van Kleunen, L. Soldaat & R. Bink (2014). *Rapportages op grond van de Europese Vogelrichtlijn en Habitatrichtlijn. Evaluatie rapportageperiode 2007-2012 en aanbevelingen voor de periode 2013-2018*
20	Fey F.E., N.M.A.J. Dankers, A. Meijboom, P.W. van Leeuwen, M. de Jong, E.M. Dijkman & J.S.M. Cremer (2014). *Ontwikkeling van enkele mosselbanken in de Nederlandse Waddenzee, situatie 2013.*
21	Hendriks, C.M.A., D.A. Kamphorst en R.A.M. Schrijver (2014). *Motieven van actoren voor verdere verduurzaming in de houtketen.*
22	Selnes, T.A. and D.A. Kamphorst (2014). *International governance of biodiversity; searching for renewal*
23	Dirkx, G.H.P, E. den Belder, I.M. Bouwma, A.L. Gerritsen, C.M.A. Hendriks, D.J. van der Hoek, M. van Oorschot & B.I. de Vos (2014). *Achtergrondrapport bij beleidsstudie Natuurlijk kapitaal: toestand, trends en perspectief; Verantwoording casestudies*

24	Wamelink, G.W.W., M. Van Adrichem, R. Jochem & R.M.A. Wegman (2014). *Aanpassing van het Model for Nature Policy (MNP) aan de typologie van het Subsidiestelsel Natuur en Landschap (SNL); Fase 1*
25	Vos, C.C., C.J. Grashof-Bokdam & P.F.M. Opdam (2014). *Biodiversity and ecosystem services: does species diversity enhance effectiveness and reliability? A systematic literature review.*
26	Arets, E.J.M.M., G.M. Hengeveld, J.P. Lesschen, H. Kramer, P.J. Kuikman & J.W.H. van der Kolk (2014). *Greenhouse gas reporting of the LULUCF sector for the UNFCCC and Kyoto Protocol. Background to the Dutch NIR 2014.*
27	Roller, te J.A., F. van den Berg, P.I. Adriaanse, A. de Jong & W.H.J. Beltman (2014). *Surface WAter Scenario Help (SWASH) version 5.3. technical description*
28	Schuiling, C., A.M. Schmidt & M. Boss (2014). *Beschermde gebiedenregister; Technische documentatie*
29	Goossen, C.M., M.A. Kiers (2015). *Mass mapping; State of the art en nieuwe ideeën om bezoekersaantallen in natuurgebieden te meten*
30	Hennekens, S.M, M. Boss en A.M. Schmidt (2014). *Landelijke Vegetatie Databank; Technische documentatie*
31	Bijlsma, R.J., A. van Kleunen & R. Pouwels (2014). *Structuur- en functiekenmerken van leefgebieden van Vogelrichtlijn- en Habitatrichtlijnsoorten; Een concept en bouwstenen om leefgebieden op landelijk niveau en gebiedsniveau te beoordelen*
32	Commissie Deskundigen Meststoffenwet (2015). *Nut en risico's van covergisting. Syntheserapport.*
33	Bijlsma, R.J. & J.A.M. Janssen (2014). *Structuur en functie van habitattypen; Onderdeel van de documentatie van de Habitatrichtlijn artikel 17-rapportage 2013*
34	Fey F.E., N.M.J.A. Dankers, A. Meijboom, P.W. van Leeuwen, J. Cuperus, B.E. van der Weide, M. de Jong, E.M. Dijkman & J.S.M. Cremer (2014). *Ecologische ontwikkeling binnen een voor menselijke activiteiten gesloten gebied in de Nederlandse Waddenzee; Tussenrapportage achtste jaar na sluiting (najaar 2013).*
35	Kuindersma, W., F.G. Boonstra, R.A. Arnouts, R. Folkert, R.J. Fontein, A. van Hinsberg & D.A. Kamphorst (2015). *Vernieuwingen in het provinciaal natuurbeleid; Vooronderzoek voor de evaluatie van het Natuurpact.*
36	Berg van den, F., W.H.J. Beltman, P.I. Adriaanse, A. de Jong & J.A. te Roller (2015). *SWASH Manual 5.3. User's Guide version 5*
37	Brouwer, F.M., A.B. Smit & R.W. Verburg (2015). *Economische prikkels voor vergroening in de landbouw*
38	Verburg, R.W., R. Michels, L.F. Puister (2015). *Aanpassing Instrumentarium Kosten Natuurbeleid (IKN) aan de typologie van het Subsidiestelsel Natuur en Landschap (SNL)*
39	Commissie Deskundigen Meststoffenwet (2015). *Actualisering methodiek en protocol om de fosfaattoestand van de bodem vast te stellen*
40	Gies, T.J.A., J. van Os, R.A. Smidt, H.S.D. Naeff & E.C. Vos (2015). *Geografisch Informatiesysteem Agrarische Bedrijven (GIAB); Gebruikershandleiding 2010.*
41	Kramer, H., J. Clement (2015). *Basiskaart Natuur 2013. Een landsdekkend basisbestand voor de terrestrische natuur in Nederland*
42	Kamphorst, D.A., T.A. Selnes, W. Nieuwenhuizen (2015). *Vermaatschappelijking van natuurbeleid. Een verkennend onderzoek bij drie provincies*
43	Commissie Deskundige Meststoffenwet (2015). *Advies 'Mestverwerkingspercentages 2016'*
44	Meeuwsen, H.A.M. & R. Jochem (2015). *Openheid van het landschap; Berekeningen met het model ViewScape*

Thema Balans van de Leefomgeving
Wettelijke Onderzoekstaken
Natuur & Milieu
Postbus 47
6700 AA Wageningen
T (0317) 48 54 71
E info.wnm@wur.nl

ISSN 2352-2739

www.wageningenUR.nl/
wotnatuurenmilieu

De WOT Natuur & Milieu voert wettelijke onderzoekstaken uit op het beleidsterrein natuur en milieu. Deze taken worden uitgevoerd om een wettelijke verantwoordelijkheid van de minister van Economische Zaken te ondersteunen. De WOT Natuur & Milieu werkt aan producten van het Planbureau voor de Leefomgeving, zoals de Balans van de Leefomgeving en de Natuurverkenning. Verder brengen we voor het ministerie van Economische Zaken adviezen uit over (toelating van) meststoffen en bestrijdingsmiddelen, en zorgen we voor informatie voor Europese rapportageverplichtingen over biodiversiteit.

De WOT Natuur & Milieu is onderdeel van de internationale kennisorganisatie Wageningen UR (University & Research centre). De missie is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen UR bundelen 9 gespecialiseerde onderzoeksinstituten van stichting DLO en Wageningen University hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 6.000 medewerkers en 9.000 studenten behoort Wageningen UR wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.