Klimaateffect Atlas 1.0

Klimaatscan Structuurvisie

Klimaateffectatlas 1.0
Klimaatscan Structuurvisie

Monique de Groot, Lodewijk Stuyt, Rini Schuiling

Koninklijk Nederlands
Meteorologisch Instituut
Ministerie van Verkeer en Waterstaat

Error! Reference source not found.

Error! Reference source not found.

INHOUDSOPGAVE

1	DOEL EN OPZET	3
1.1	Project Klimaatatlas	3
1.2	Expertsessies structuurvisie	3
2	KLIMAAT EN STRUCTUURVISIE	6
2.1	Provinciaal Omgevingsplan Groningen	6
2.2	Provinciale Structuurvisie Zuid-Holland	7
2.3	Gebruik van de KNMI ’06 scenario’s	8
3	KLIMAATSCAN, METHODIEK	10
3.1	Stap 1: Effectkaarten	11
3.2	Stap 2: Effectindicatoren	13
3.2.1	Effecten van overstroming	13
3.2.2	Effecten van wateroverlast	15
3.2.3	Effecten van verzilting	16
3.2.4	Effecten van watertekort	17
3.3	Stap 3: Landgebruikskaart	19
3.4	Stap 4: Gevoeligheidsindicatoren	20
3.5	Stap 5: Robuustheidsanalyse	23
3.6	Stap 6: Beleidmatige interpretatie	24
3.7	Conclusies en aanbevelingen	25
4	BESCHRIJVING VAN DE EFFECTENDATA	27
4.1	Overstroming	27
4.2	Wateroverlast	29
4.3	Watertekort	31
4.4	Verzilting	33
4.5	Kwetsbaarheid natuur	34
4.6	Conclusies en aanbevelingen effectdata	35
BIJLAGE 1	INTRODUCTIE KLIMAATSCAN STRUCTUURVISIE	36
BIJLAGE 2	DEELNEMERSLIJST	2
BIJLAGE 3	POP GRONINGEN	4
BIJLAGE 4	PSV ZUID-HOLLAND	4
BIJLAGE 5	GEBRUIK KLIMAATSCENARIO’S	1
BIJLAGE 6	EFFECTEN VAN OVERSTROMING	1
BIJLAGE 7	EFFECTEN VAN WATEROVERLAST	1
BIJLAGE 8	EFFECTEN VAN WATERTEKORT	4
BIJLAGE 9	EFFECTEN VAN VERZILTING	4
BIJLAGE 10	EFFECT- EN GEVOELIGHEIDSKAARTEN	7

THEMA KLIMAATSCAN STRUCTUURVISIE

1 DOEL EN OPZET

1.1 Project Klimaatatlas

Vanaf 2007 is voor een achttal provincies door een consortium van het KNMI, de VU, Alterra, en DHV een klimaatschetsboek opgesteld. In dit schetsboek zijn de primaire klimaateffecten op basis van de KNMI '06 regionaal in beeld gebracht. De secundaire en tertiaire klimaateffecten bleven te globaal om beleid op te baseren, er was behoefte aan verdieping. Als vervolg is daarom het project 'Van schetsboeken naar klimaatatlas' gestart. Ten behoeve van de vraag-aanbodpeiling zijn interviews afgenomen bij alle provincies en deelnemende kennisinstellingen. Hieruit zijn drie onderwerpen naar boven gekomen die in expertsessies nader uitgewerkt zullen worden:

– Ruimtelijke Ordening (structuurvisie)
– Natuur (natura 2000)
– Landbouw in relatie tot water en extremen

Voor elk van deze onderwerpen worden twee expertsessies georganiseerd om een methode te ontwikkelen die voor alle provincies toepasbaar is. Per expertsessies zal een aantal casussen behandeld worden.

Parallel aan de expertessies wordt er een Geoportaal ontwikkeld waarin alle relevante klimaatgegevens als GIS-data beschikbaar komen. De kaarten vormen belangrijke input voor de expertsessies. Omgekeerd zullen resultaten uit de expertsessie wordt opgenomen in het Geoportaal.

1.2 Expertsessies structuurvisie

Doelstelling

Uit de vraag-aanbodpeiling is gebleken dat de provincies behoefte hebben aan een instrument waarmee ze hun structuurvisies kunnen toetsen op de mate van klimaatbestendigheid. Het abstractieniveau van de structuurvisies is echter dermate grof dat zij niet een op een geconfronteerd kunnen worden met een klimaateffectkaart. De daadwerkelijk klimaatbestendigheid is afhankelijk van de wijze waarop een functie wordt ingevuld en de specifieke lokale omstandigheden. Deze zijn niet in een generieke methode te omvatten. Daarom is in overleg met de deelnemende provincies gekozen voor een signalerend instrument dat de mogelijk ruimtelijke consequenties van de effecten van klimaatverandering op het niveau van de provincie in beeld brengt. De scan heeft als doel de klimaatbestendigheid van de keuzes in ruimtelijke planvorming te agenderen en onderbouwen.

Hierbij is gebruik gemaakt van de methodiek die is ontwikkeld door het Xplorelab van de provincie Zuid-Holland voor het scannen van de Integrale Ruimtelijke Projecten. Zuid-Holland heeft deze methode ook toegepast om de belangrijkste klimaatopgaven ten behoeve van het opstellen van de provinciale structuurvisie in beeld brengen. De methodiek is hiertoe gedigitaliseerd in een CommunityViz GIS omgeving door Geodan Next. Geodan Next is daarom ook binnen dit project betrokken worden om de scan nader uit te werken en toe te passen.

Voorbeeldgebieden
De scan is uitgevoerd voor de provincies Drenthe, Gelderland en Utrecht. De klimaatscan is in samenspraak met deze provincies verder uitgewerkt.

Werkwijze
De expertsessies voor de structuurvisies hebben plaatsgevonden op 22 januari en 5 maart 2009. Tijdens de expertsessies is verkend hoe klimaat opgaven ingebed kunnen worden in het proces van de ruimtelijke planvorming en in hoeverre de methodiek van de klimaatscan toepasbaar is voor verschillende provincies. Ook is aandacht besteed aan de verschillende effectkaart die gebruikt worden in de klimaatscan.

Bij de start van het project zijn op basis van de ervaringen van de provincie Groningen en Zuid-Holland de kaders van de klimaatscan bedacht. Het doel en de opzet van de klimaatscan is bij elk van de deelnemende provincies nader toegelicht. De hand-outs van de presentatie zijn opgenomen in bijlage 1 .

Voorafgaand aan de eerste expertsessie is een werksessie georganiseerd waarin de deelnemende provincies gezamenlijk de indicatoren voor de scan hebben vastgesteld.

De resultaten van de klimaatscan zijn tussentijds met de deelnemende provincies afzonderlijk besproken. De leerervaringen en de belangrijkste conclusies hiervan zijn in de tweede expertsessie ingebracht.

De presentaties, resultaten en conclusies van de verschillende bijeenkomst zijn integraal verwerkt in deze eindrapportage. Een overzicht van de deelnemers per sessie is opgenomen in bijlage 2.

Denkstappen
In de schetsboeken die in fase 1 van dit project zijn opgesteld zijn de primaire effecten van klimaatverandering per provincie in beeld gebracht. Wat de consequenties hiervan zijn is afhankelijk van de geomorfologische ondergrond en het huidige watersysteem, we spreken dan van secundaire effecten. In het schetsboek zijn de secundaire effecten indicatief beschreven. In deze fase van het project zijn deze secundaire effecten verder uitgewerkt in een hydrologische onderlegger.

De klimaatscan is een ruimtelijke analyse instrument waarbij de secundaire effecten met de in een gebied aanwezige of geplande functies geconfronteerd kunnen worden. Op deze manier wordt de effecten voor de in het gebied aanwezige functies inzichtelijk gemaakt. We noemen dit de tertiaire effecten van klimaatverandering. Zo leidt een toename van hevige piekbuien (primair effect) tot een teveel aan water in een laaggelegen gebied (secundair effect) wat tot wateroverlast in de vorm van water op straat kan leiden in een stedelijk gebied (tertiair effect). De mate waarin tertiaire effecten (kunnen) optreden zegt iets over de klimaatrobuustheid van een functie in een bepaald gebied.

De verschillende stappen die nodig zijn om te komen tot een dergelijke robuustheidanalyse worden beschreven in hoofdstuk 3.

Met de klimaatrobuustheidskaarten wordt een signaal afgegeven waar zich mogelijk klimaatopgaven zullen voordoen. Op basis hiervan kunnen meer gebiedsgericht de adaptatieopties en bijbehorende handelingsperspectieven worden verkend. Wanneer deze

worden uitgewerkt in adaptatiemaatregelen kan dit leiden tot aanpassing van het (ruimtelijk) beleid.

2 KLIMAAT EN STRUCTUURVISIE

Klimaatverandering is relatief nieuw beleidsonderwerp. Om te onderzoeken hoe de effecten van klimaatverandering in ruimtelijke ordeningstrajecten zoals het opstellen van een structuurvisie kan worden meegenomen, is in de eerste expertsessie aandacht besteed aan de manier waarop de provincie Groningen en Zuid-Holland de ruimtelijke consequenties van klimaatverandering verankeren in hun structuurvisie.
De provincie Groningen heeft een ontwerpgericht benadering gekozen waarbij een klimaatbestendig toekomstbeeld wordt neergezet, terwijl Zuid-Holland een meer analytische insteek heeft gekozen waarbij de optredende effecten worden geconfronteerd met de in een gebied aanwezig functies. Uit de discussie kwam naar voren dat de twee methoden zeer goed op elkaar aansluiten. De resultaten van de klimaatscan bieden een goede basis voor het planproces. De scan identificeert gebieden met een mogelijke klimaatopgave. Voor deze gebieden kunnen vervolgens in een gebiedsgericht ontwerpproces de adaptatiemogelijkheden verkend worden. De provincie Zuid-Holland heeft hier eerder goede ervaringen mee opgedaan bij de Hotspot Zuidplaspolder[1].

De verschillende aanpakken worden in de navolgende paragrafen beschreven. Paragraaf 2.3 doet verslag van de presentatie van Janette Bessembinder waarin nader in wordt gegaan op het gebruik van scenario's bij beleidsprocessen. De keuze voor het jaartal waarin de klimaateffecten worden bezien, is afhankelijk van het doel van de studie. Voor de klimaatscan is gekozen voor het jaartal 2050 omdat voor de structuurvisie een termijn van 2020 geldt met een doorkijk naar 2040/2050. Voor de doorkijk is het van belang inzichtelijk te hebben wat belangrijke toekomstige beleidsitems of kennishiaten zijn. Ook kunnen reserveringen reeds ruimtelijk worden ingepast. Om meer inzicht te krijgen in de langere termijn zouden ook de effecten voor 2100 in beeld kunnen worden gebracht. Voor verschillende effecten van klimaatverandering zijn hiervoor reeds effectkaarten beschikbaar.

2.1 Provinciaal Omgevingsplan Groningen

Klimaatverandering is een van de aspecten die naast bijvoorbeeld economische en demografische ontwikkelingen worden afgewogen en meegenomen in een provinciaal omgevingsplan. Door middel van scenariostudies wordt geprobeerd trends inzichtelijk te maken om adaptatie van de ruimtelijke ordening mogelijk te maken. Aanpassen aan klimaatverandering in de ruimtelijke planning is echter lastig. De scenario's zoals opgesteld door het KNMI ('06) wijzen niet één richting uit. Bovendien zullen de klimaatproblemen zich pas echt over 50 tot 100 jaar manifesteren terwijl de planninghorizon op ongeveer 10 jaar ligt. Wanneer we hier niet adequaat op anticiperen leidt dit voor klimaatadaptatie tot suboptimale resultaten. Klimaatverandering vraagt om een lange termijn planning, een planning waarbij we niet het heden stapgewijs naar de toekomst projecteren, maar ons focussen op de toekomst en van hieruit ons handelingsperspectief bepalen. Klimaatscenario's kennen een te grote mate van onzekerheid en zijn bovendien aan verandering onderhevig. Het heeft dus geen zin om de effecten tot in detail te modelleren en hierop beleid te ontwikkelen. Wel kunnen ze gebruikt worden om toekomstige opgaven te signaleren. De provincie Groningen heeft gekozen voor een ontwerpgerichte benadering waarbij de worst case klimaatscenario's als denkrichting gebruikt zijn. Voor de verschillende effecten is een integraal perspectief geschetst wat er in het

[1] Xplorelab, *Eindrapport Hotspot Zuidplaspolder – Klimaatadaptatie in de Zuidplaspolder*. Den Haag, 2008

ergste geval kan gebeuren. Op basis van dit perspectief zijn nieuwe kansen en ontwikkelmogelijkheden geïdentificeerd die vertaald zijn een wenkend perspectief voor de provincie Groningen. Volgens het principe van backcasting zijn deze terugvertaald naar ontwikkelstappen voor concrete locaties. Backcasting heeft als voordeel dat men los komt van het heden en nu gelden denkpatronen en beheersmaatregelen. Klimaatbeleid is nu vooral gefocust op instandhouding door het vergroten van de weerstand. Dergelijke maatregelen zijn eindig, denk aan het verhogen van een dijk. Nieuwe kansen en meer flexibiliteit ontstaan wanneer gezocht wordt naar maatregelen die de veerkracht verhogen. Daarnaast is ook gewerkt volgens het principe van 'backtracking'. Backtracking wil zeggen dat men lering trekt uit het verleden door terug te kijken naar een wenselijke duurzame situatie in het verleden en deze doortrekt naar toekomst. Hieruit kan veel inspiratie gehaald worden voor de toekomst.

Handouts van de presentatie zoals gegeven door Rob Roggema (provincie Groningen) tijdens de expertbijeenkomst op 22 januari zijn opgenomen in bijlage 3.

2.2 Provinciale Structuurvisie Zuid-Holland

Gedurende de zomerperiode van 2008 is door het Xplorelab van de provincie Zuid Holland een kwalitatieve klimaatscan uitgevoerd voor drie zogenoemde Integrale Ruimtelijke Projecten (IRP's)[2]. Hierbij is voor deze IRP's een methode voor toetsing op klimaatbestendigheid ontwikkeld. De methode is gebaseerd op de confrontatie van ruimtelijke klimaateffecten met de voorgenomen) landgebruikfuncties in het betreffende plangebied. De methode biedt op eenvoudige wijze inzicht in de klimaatopgaven. Ten behoeve van het ontwerpproces van de structuurvisie is de methode opgeschaald naar het niveau van provincie Zuid-Holland.

De ruimtelijke klimaatscan provincie Zuid-Holland heeft als hoofddoel het in beeld brengen van de effecten van klimaatverandering op het huidige landgebruik van het grondgebied van de provincie en het formuleren van adaptatiestrategieën om deze effecten op te vangen. Dit sluit aan bij het streven naar van ruimtelijke 'no-regret' maatregelen zoals aangegeven in de klimaatwijzer van de provincie Zuid-Holland[3].

Het resultaat van de ruimtelijke klimaatscan is tweeledig:

– robuustheidskaarten van het huidig grondgebruik van de provincie voor de klimaateffecten verzilting, overstroming, watertekort en wateroverlast[4];
– adaptatiestrategieën voor de kwetsbare functies en gebieden op het schaalniveau van de Provinciale StructuurVisie (PSV).

Het projectteam heeft tijdens dit traject intensief samengewerkt met de ontwerpers van de Provinciale StructuurVisie (PSV), waarbij het tijdpad van de PSV, en de vragen die door de ontwerpers werden gesteld leidend zijn geweest voor het proces. Op aanvullend verzoek van het PSV-team, is in eerste instantie het huidig landgebruik (2010) van de provincie Zuid-Holland geconfronteerd met de voorziene klimaatveranderingen van 2050. Hiervoor is, in samenwerking met Geodan NEXT een robuustheidsanalyse uitgevoerd voor de gehele provincie. De legenda van de huidige landgebruikskaart is in deze klimaatscan uitgewerkt tot een overzicht van adaptatiestrategieën dat tevens de basis vormt voor ontwerpend onderzoek.

[2] Xplorelab, *Klimaatanalyse Integrale Ruimtelijke Projecten, Fase 1.* Den Haag, 2008

[3] Provincie Zuid-Holland, *Klimaatwijzer: Agenda voor een klimaatbestendig provinciaal waterplan en provinciale structuurvisie*, GS 9 december, PS 28 januari 2009.

[4] Xplorelab, *Ruimtelijke Klimaatscan. Methodiek ontwikkeling, case Zuid-Holland.* Den Haag, februari 2009.

Mogelijk zal het ruimtelijk beleid aangepast moeten worden, door bijvoorbeeld een noodzakelijke wijziging in het huidig landgebruik of bestaand type landgebruik te innoveren, om te komen tot een klimaatbestendige provincie.

Handouts van de presentatie zoals gegeven door Dick van de Bergh (provincie Zuid-Holland) tijdens de expertbijeenkomst op 22 januari zijn opgenomen in bijlage 4.

2.3 Gebruik van de KNMI '06 scenario's

Klimaatscenario's kunnen gebruikt worden voor:
- impactstudies: het in kaart brengen van de mogelijke gevolgen van klimaatverandering;
- adaptatie- en mitigatiestudies: het verkennen van de mogelijkheden om ons aan te passen aan klimaatverandering of om de klimaatverandering beperkt te houden;
- beleidsmaatregelen, gericht op aanpassing of ter voorkoming van vergaande klimaatverandering.

Bij het gebruik van de scenario's is het belangrijk het doel goed voor ogen te houden. Een riolering wordt bijvoorbeeld aangelegd voor 40-80 jaar en moet gedurende de gehele levensduur goed functioneren. Hierbij is het dus verstandig een tijdshorizon van 50-100 jaar mee te nemen. Bij een installatie in de petroleumindustrie is de economische afschrijvingsduur van fabrieken 20 jaar. Hier kan dus volstaan worden met 2030 als zichtjaar of 2050 wanneer de totale levensduur in ogenschouw wordt genomen. Het is belangrijk je af te vragen wat de schade is als je geen rekening houdt met meest relevante scenario en tijdshorizon.

Doel: impact-, adaptatie- en mitigatie-studies

De vier KNMI'06 klimaatscenario's zijn zo gekozen dat ze met 4 "hoekpunten" een groot deel van de mogelijke toekomst opspannen. Bij toepassing voor impact-, adaptatie of mitigatiestudies is het, gezien de doelen dit type studies, in de meeste gevallen zinvol om alle vier de scenario's te gebruiken. Door de scenario's te vergelijken, kan men ook bepalen hoe robuust bijv. verschillende maatregelen zijn. Maatregelen die alle vier de scenario's effectief lijken zijn voor beleidsmakers vaak het interessantst. Voor een eerste verkenning kan het voldoende zijn om een selectie te maken (bijv. alleen het warmste, natste en/of droogste scenario). Hiermee kan bijv. bepaald worden of klimaatverandering een duidelijke impact heeft op een sector en of uitvoeriger onderzoek zinvol is.

In specifieke situaties kan de informatie in de vier KNMI'06 klimaatscenario's ontoereikend blijken te zijn. Zo kunnen extreme windsnelheden uit richtingen tussen Noord en West extra opstuwing van het zeewater langs de Nederlandse kust tot gevolg hebben. Primaire zeeweringen moeten bij wet bestand zijn tegen een opstuwing met een herhalingstijd van 10.000 jaar. Echter: informatie over dit soort extremen wordt niet standaard per klimaatscenario gegeven. Voor dit soort situaties kan men echter het KNMI benaderen om informatie voor "klimaatscenario's op maat" in te winnen.

Doel: beleid en strategie

Idealiter spelen de resultaten van de hierboven genoemde typen onderzoek een rol bij het opstellen van beleid en strategie. In deze fase wordt vaak een keuze gemaakt voor één of meerdere scenario's, om adaptatie- en/of mitigatie-maatregelen op af te stemmen. De keuze voor één of meerdere scenario's kan bepaald worden door onder andere:

- wat is maatschappelijk gezien mogelijk (bijv. vanwege kosten nu en in de toekomst, of mogelijkheden voor gedragsverandering);
- wat zijn mogelijke gevolgen van klimaatverandering (bijv. welke temperatuurstijging wordt gezien als gevaarlijk voor de samenleving of voor een bepaalde sector, of hoe groot is de schade bij een overstroming?);
- wat zijn de mogelijkheden om beleid later bij te stellen bij een "verkeerde keuze" (bijv. is er over 25 jaar nog ruimte om de dijken te verzwaren als de temperatuur, en daarmee samenhangend de neerslagextremen, sterker stijgen dan eerst aangenomen?);
- wat zijn de vergeefs gemaakte kosten als de klimaatverandering minder sterk is dan eerst aangenomen, of wat zijn de extra kosten als de klimaatverandering sterker is dan eerder aangenomen;
- hoe snel kunnen verdere aanpassingsmaatregelen uitgevoerd worden (het ophogen van zeedijken kost bijvoorbeeld meer tijd en geld dan het opspuiten van het strand);
- welke scenario's worden waarschijnlijker geacht (bijv. als men veronderstelt dat de wereld zich zal ontwikkelen volgens het IPCC-wereldbeeld A2 wordt een sterke temperatuurstijging ook waarschijnlijker geacht);
- welke scenario's zijn het meest relevant (bijv. industrieën die oppervlaktewater als koelwater gebruiken zullen waarschijnlijk meer geïnteresseerd zijn in de G+ en W+ scenario's met een sterke vermindering van de zomerneerslag, en samenhangend een groter risico op een tekort aan koelwater).

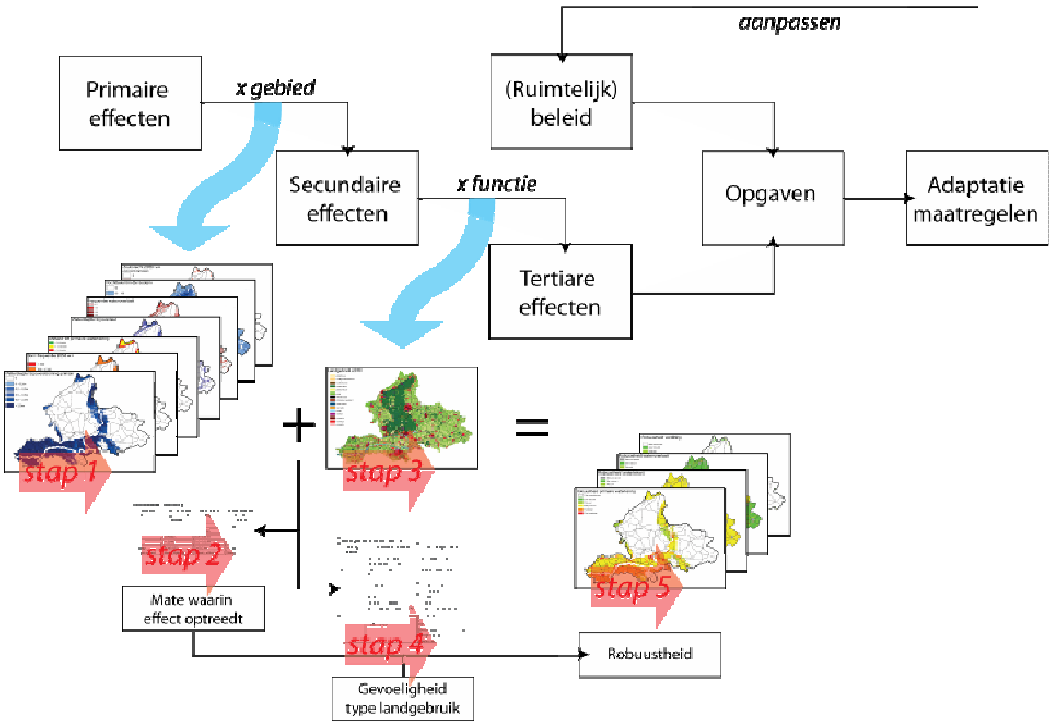
Bovenstaande opsomming kan worden gebruikt als checklist, om te bepalen welke aspecten meegenomen kunnen worden. De lijst is echter niet volledig.

Relatie met sociaal economische scenario's

Het Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) produceert ongeveer elke 5 jaar mondiale klimaatscenario's. Deze zijn gebaseerd op emissiescenario's, d.w.z. aannames over de uitstoot van broeikasgassen voor verschillende sociaal-economische scenario's, ook wel wereldbeelden genoemd. Het Planbureau voor de Leefomgeving baseert zijn wereldbeelden op dezelfde drijvende krachten achter broeikasgasemissies als het IPCC. Het KNMI klimaatscenario's zijn niet gebaseerd op de bovenstaande wereldbeelden. Per wereldbeeld is sprake van een grote bandbreedte aan mogelijke temperatuurstijgingen die elkaar grotendeels overlappen. Vooral voor tijdshorizonten tot 2050 is het moeilijk om de verschillende wereldbeelden te onderscheiden op basis van mogelijke temperatuurstijgingen. Als uitgangspunt heeft het KNMI daarom gekozen voor verschillende temperatuurstijgingen i.p.v. voor wereldbeelden. De wereldbeelden van het MNP mogen daarom niet 1 op 1 aan de KNMI-klimaatscenario's worden gekoppeld. Echter, de scenario's G en G+, met een beperkte mondiale temperatuurstijging, passen beter bij de wereldbeelden B1 en B2 (beperkte broeikasgasuitstoot) en de scenario's W en W+, met een sterkere mondiale temperatuurstijging, zullen eerder horen bij de wereldbeelden A1(FI) en A2.

Hand-outs van de presentatie zoals gegeven door Janette Bessembinder (KNMI) tijdens de expertbijeenkomst op 22 januari zijn opgenomen in bijlage 5.

3 KLIMAATSCAN, METHODIEK



Figuur 3.1: De verschillende stappen van de klimaatscan

De klimaatbestendigheid van een functie is afhankelijk van de mate van robuustheid van de functie voor de effecten van klimaatverandering en de mogelijkheden om maatregelen te treffen om de robuustheid te versterken binnen vigerend (of toekomstig) beleid. Wanneer een vorm van landgebruik robuust is dan is deze niet of nauwelijks gevoelig voor de effecten van klimaatverandering. Wanneer een landgebruik niet robuust is, noemen we dit kwetsbaar. De mate waarin het effect optreedt is bepalend voor de robuustheid. Daarnaast is de mate van robuustheid afhankelijk van de weerstand en de veerkracht van een landgebruiktype (gevoeligheid).

De mate waarin (secundaire) effecten van klimaatverandering optreden wordt aan de hand van een aantal gebiedsafhankelijke effectindicatoren in kaart gebracht (op basis van beschikbare data). De aspecten weerstand en veerkracht zijn per klimaateffect uitgewerkt in gevoeligheidsindicatoren die de gevoeligheid van een bepaalde functie voor het klimaateffect meetbaar maken.

De keuze van de effecten, functies en indicatoren worden in de navolgende paragrafen stapsgewijs omschreven.

Stap 1: *Effectkaarten*. Inventariseren van de voor het gebied relevante secundaire effecten;
Stap 2: *Effectindicatoren*. Bepalen van de effectindicatoren per effect;
Stap 3: *Landgebruikskaart*. Inventariseren, onderscheiden en in kaart brengen van de relevante functies;
Stap 4: *Gevoeligheidsindicatoren*. Bepalen van de gevoeligheids-indicatoren per functie;
Stap 5: *Robuustheidsanalyse*. Confronteren van de functies met de verschillende effecten op basis van de indicatoren.

Stap 1 t/m 5 wordt hieronder toegelicht.

3.1 Stap 1: Effectkaarten

In de klimaatscan worden de secundaire effecten van klimaatverandering geconfronteerd met de in een gebied aanwezige functies. De primaire effecten zoals zeespiegel stijging, neerslag en temperatuur zijn hiertoe op basis van de bio-fysische en geografische omstandigheden van een gebied vertaald naar secundaire effecten. Binnen het kader van het atlasproject is de toepasbaarheid van de klimaatscan als generiek instrument getoetst. Voor de secundaire effectdata is daarom uitgegaan van reeds beschikbare landsdekkende informatie. *Tabel 3.1* geeft een overzicht van de data die voor dit project ter beschikking gesteld zijn en beschikbaar zijn via het Geoportaal.

De primaire effecten kunnen (nog) niet allemaal vertaald worden naar gebiedspecifieke de secundaire effecten. Zo heeft het KNMI vooralsnog alleen temperatuurmeetgegevens van het buitengebied beschikbaar en kunnen effecten als hittestress in de stad niet per stad op kaart worden gezet. Ook de effecten van een temperatuurstijging op de waterkwaliteit en de effecten hiervan op de verschillende functies is nog niet te kwantificeren. De scan beperkt zich daarom tot de effecten van overstroming, wateroverlast, watertekort en verzilting.

Vanwege de beperkt beschikbare tijd en het doel van de klimaatscan (signaleren van mogelijke klimaatopgaven) is per effect alleen het meest extreme scenario gebruikt. Dat wil zeggen W+ voor overstroming, droogte en verzilting en W voor wateroverlast.

Aanbeveling: Het verdient de aanbeveling de klimaatscan ook uit te voeren voor de overige scenario's teneinde een beter beeld te krijgen van de mogelijke gevolgen van een effect op een functie.

Aanbeveling: Om inzicht te krijgen in de effecten van een veranderd klimaat is vergelijking met de huidige situatie nodig. Voor een aantal secundaire effecten wordt in de navolgende paragrafen daarom ook de verschilkaart behandeld. Deze kaarten geven echter nog geen inzicht in de veranderde opgave omdat de opgaven in het huidige klimaat niet volgens de methode van de klimaatscan bekend is. In de toekomst zal in de demoversie van het Geoportaal daarom ook het resultaat van de klimaatscan op basis van het huidige klimaat worden getoond.

De effectkaarten worden in hoofdstuk 4 afzonderlijk nader toegelicht.

Tabel 3.1: Overzicht van de voor dit project ter beschikking gestelde data

Effect	**Scenario**[5]	**Tijdshorizon**	**Bronhouder**
Overstroming			
- Verandering van de overschrijdingsfrequentie per dijkring	H, G, G+, W, W+[6]	2040, 2100, verre toekomst	VU Amsterdam, Waterdienst
- Maximale waterdiepte bij doorbraak van primaire kering	H		Waterdienst
- Afstand tot de primaire kering	Nvt		Waterdienst
Waterschot			
- Bio-fysische gevoeligheid voor wateroverlast	Nvt		Future Water
- Waterdiepte door extreme neerslag (24h) voor verschillende herhalingstijden	W	2050	Future Water
Watertekort			
- Gemiddelde VoorjaarsGrondwaterstand (GVG)	H, G, G+, W, W+	2050, 2100	Alterra
- Gemiddelde Laagste Grondwaterstand (GLG)	H, G, G+, W, W+	2050, 2100	Alterra
- Gemiddelde Hoogste Grondwaterstand (GHG)	H, G, G+, W, W+	2050, 2100	Alterra
- Vochttekort_gras	H, W+	2050	Alterra
- Vochttekort_bos	H, W+	2050	Alterra
- Fysisch geografische regios			Alterra
Verzilting			
- Chlorideconcentratie onderkant deklaag	H, G, G+, W, W+	2020, 2050, 2100	Deltares
- Zoutvracht van grondwater naar oppervlaktewater	H, G, G+, W, W+	2020, 2050, 2100	Deltares
- Kwel	H, G, G+, W, W+	2020, 2050, 2100	Deltares
- Ruimtelijk verspreiding van de chloride-concentratie in de noordelijke delta	H, G, G+, W, W+	2050	Waterdienst
- Overschrijdingsfrequentie en –duur van de chlorideconcentratie per inlaatpunt	H, G, G+, W, W+	2050	Waterdienst

[5] H staat voor huidig klimaat. G, G+, W en W+ verwijzen naar de vier KNMI '06-scenario's.

[6] In de studie wordt gerekend met verschillende maatgevende rivierwaterstanden en zeespiegelstijging. De relatie hiervan met de vier KNMI '06 scenario's wordt nader toegelicht in paragraaf 4.1.

3.2 Stap 2: Effectindicatoren

De robuustheid van een functie is afhankelijk van de kans en de mate van optreden van het effect, en de gevoeligheid van een functie voor het effect. Voor de analyse wordt daarom onderscheid gemaakt tussen *effectindicatoren* (geografisch bepaald) en *gevoeligheidsindicatoren* (functiebepaald). Iedere indicator heeft zes toetsingsklassen. Door de toetsingsklassen te middelen kan zo een cijfer voor de robuustheid bepaald worden.

De keuze voor de indicatoren en de toekenning van de toetsingsklasse heeft plaatsgevonden op basis van expert judgement van de deelnemende provincies en verschillende specialisten werkzaam bij Alterra. De methode biedt ruimte om zelf indicatoren toe te voegen of klassen te wijzigen afhankelijk van de situatie waarvoor de scan wordt toegepast.

In de navolgende paragrafen worden per effect de toetsingsklassen besproken.

3.2.1 Effecten van overstroming

Door een stijgende zeespiegel en een toenemende rivierwaterafvoer als gevolg van meer neerslag en smeltwater gedurende de wintermaanden wordt de kans op een overstroming steeds groter. Een overstroming is een gebeurtenis waarbij een aanzienlijke hoeveelheid water uit een zee, rivier, meer of boezem plaatsen bereikt die normaal gesproken niet onder water staan. Een overstroming kan verschillende oorzaken hebben. Een dijk/kade kan letterlijk overstromen bij een hoge waterstand (overloop/ golfoverslag) maar kan ook bezwijken als gevolg van erosie. Overstroming/wateroverlast kan ook het gevolg zijn van locale excessieve buien. In verband met de beschikbare informatie is ervoor gekozen voor de klimaatscan alleen de effecten van een overstroming vanuit de primaire kering in beeld te brengen[7].

De mate en de kans waarin het effect overstroming na bezwijken van een primaire kering plaatsvindt is afhankelijk van de overschrijdingsfrequentie, de overstromingsdiepten en de stroomsnelheden. ***Tabel*** geeft een overzicht van deze drie indicatoren en bijbehorende toetsingsklassen.

[7] Om de waterdiepte te bepalen wordt gebruik gemaakt van de Nieuwe Risicokaart. Deze kaart wordt gefaseerd opgebouwd. De kaart zoals voor de klimaatscan gebruikt is het resultaat van de eerste fase. Bij deze eerste fase is alleen gekeken naar overstromingen vanuit buitenwater: zee, de grote rivieren, het IJsselmeer en het Markermeer. In volgende fasen worden ook overstromingen in buitendijkse gebieden en vanuit binnenwater toegevoegd.

Tabel 3.2: Effectindicatoren overstroming

Effectindicatoren overstroming			
Toetsings-klasse	**Overschrijdings-frequentie in W+ scenario 2050**	**Overstromings-diepte**	**Stroomsnelheid (afstand tot kering)**
5 = hoog	> 1/500	>2 m	< 1 km
4	1/1250	0,8 – 2 m	
3	1/2000	0,5-0,8 m	1-5 km
2	1/4000	0,2-0,5 m	
1 = laag	1/10000	0-0,2 m	> 5 km
0 = geen effect	Geen dijkring	Geen water[8]	Geen dijkring

Overschrijdingsfrequentie

Een dijkring (ook: dijkringgebied) is een gebied dat beschermd wordt tegen buitenwater (zee en rivier) door primaire waterkeringen. De dijkringen moeten nu en in de toekomst voldoen aan een herhalingstijd variërend van 1250, 4000 tot 10000 jaar (Wet op de waterkering). Dit betekent dat de waterkeringen een (hoge) waterstand met een herhalingstijd van 1250, 4000 of 10000 jaar veilig moet kunnen keren. Het is dus geen overstromingskans. Om de werkelijke kans op bezwijken van een dijkring te bepalen moeten ook mechanismen als piping[9] en afschuiven en de sluitingsprotocollen voor kunstwerken in ogenschouw worden genomen.

Voor de robuustheidscan is bepaald in welke mate deze de herhalingstijd onder invloed van klimaatverandering afneemt. Het basisjaar is 2015. Bij dit vertrekpunt wordt verondersteld dat het watersysteem op orde is, de PKB RvR is uitgevoerd, de Zwakke Schakels zijn versterkt en de Maaswerken zijn uitgevoerd. Bovendien wordt verondersteld dat de problemen met onder andere 'piping' zijn opgelost en dat alle keringen op orde zijn en aan de huidige normering voldoen. Een toelichting op de gebruikte methode staat beschreven in 4.1.

Overstromingsdiepte

Om de overstromingdiepte per locatie te bepalen wordt gebruik gemaakt van de risicokaart 'Veiligheid Nederland in Kaart' (Waterstaat et al. 2008). Hierop zijn voor de verschillende dijkringgebieden de overstromingsdiepten bij de huidige zeespiegel globaal in kaart gebracht. Het eindbeeld is gebaseerd op de maximale waterstanden van meerdere overstromingsberekeningen met steeds verschillende doorbraakpunten. De kaart geeft dus niet één enkele gebeurtenis weer, maar geeft aan welke gebieden bij een overstroming mogelijk kunnen overstromen. Hierbij zijn zowel mogelijke doorbraken vanuit zee en vanuit rivieren meegenomen, maar niet afzonderlijk inzichtelijk gemaakt. De kaart gaat uit van de huidige situatie (zonder klimaatverandering), het huidige landgebruik (inclusief dijken, viaducten, etc.) en de huidige staat van de primaire keringen. Eventuele wijzigingen

[8] Buitendijkse gebieden zijn (nog) niet meegenomen in de nieuwe risicokaart waarmee de overstromingsdiepte worden bepaald (zie vorige voetnoot). Deze gebieden zijn daarom aangeduid met toetsingsklasse 0.

[9] Door het drukverschil tussen de rivier en de sloot achter de dijk stroomt er kwelwater onder de dijk door. Dat kan op zichzelf niet zoveel kwaad, want dat water wordt via de sloot wel afgevoerd. Het wordt ernstig wanneer de kwelstroom zand mee gaat voeren van onder de dijk. Er ontstaat dan een 'pijp' onder de dijk en de dijk wordt ondermijnd (Bron: 'Onze Delta - Feiten, Mythen en Mogelijkheden Staat en Toekomst van de Delta 2008 - eerste stap'. Deltares, Delft.

bijvoorbeeld een nieuwe infrastructurele lijn, zijn mogelijk van invloed op de veronderstelde waterdiepten. De klassenindeling is gebaseerd op de legenda van de provinciale overstromingsdieptekaart.

Stroomsnelheid
De stroomsnelheid van het water na doorbraak is bepalend voor het aantal getroffenen en de optredende schade in een gebied. Het gebied direct achter een dijkring kent de hoogste stroomsnelheid. Verder landinwaarts neemt de stroomsnelheid snel af, en de tijd die het water nodig heeft om het gebied te bereiken toe. Ten behoeve van het classificeren wordt aangenomen dat in een strook van 5 km direct achter de primaire kering de risico's voor het optreden van hoge stroomsnelheden het grootst zijn. Daarnaast is een strook van 1 km achter de kering toegevoegd waar de risico's extreem hoog zijn.

Nota bene: Voor de klimaatscan is gekozen voor een eenvoudige risicozonering door GIS afstandbuffers rond dijkringen te maken om een indicatie van de stroomsnelheid te kunnen geven. De kanttekening die hierbij gemaakt moet worden is dat het maaiveldverloop veel meer sturend is voor het risico dan de nabijheid tot de kering. Het is niet voor niets dat de historische kernen van riviersteden op rivierduinen en lokale hoogtes gebouwd zijn. De afstandbuffers ter bepaling van de stroomsnelheid is dan ook met name bruikbaar voor polders.

In november 2007 is de Europese Richtlijn Overstromingsrisico's (ROR) in werking getreden. Deze richtlijn schrijft onder andere voor dat voor de verschillende stroomgebieden kaarten gemaakt moeten worden die overstromingsgevaar en overstromingsrisico weergeven. De overstromingsgevaarkaarten bevatten gegevens over de omvang van de overstroming, waterdiepte of waterniveau en de stroomsnelheid of het waterdebiet. De kaarten geven een betere onderbouwing dan de hier gebruikte methode, maar zijn pas eind 2012 ter inzage en eind 2013 definitief beschikbaar. Meer informatie is te vinden op de website van Verkeer en Waterstaat.[10]

3.2.2 Effecten van wateroverlast

Wateroverlast ontstaat wanneer land inundeert vanwege hevige regenval (extreme neerslag). Dit kan zich uiten in de vorm van ondergelopen percelen, water op straat en in gebouwen, schade aan gewassen door hoge (grond)waterstanden, natte kelders en kruipruimtes. Deze overlast kan verschillende oorzaken hebben (onvoldoende drainage, bergings- of afvoercapaciteit van watersysteem of riolering). Om de mate waarin wateroverlast optreedt inzichtelijk te maken wordt in deze klimaatscan gebruik gemaakt van de indicator *inundatiediepte* en de kans hierop. Hiervoor is gebruik gemaakt van de studie Klimaatverandering en lokale wateroverlast ten gevolge van extreme neerslag in Nederland[11]. Deze studie richt zich op de wateroverlast ten gevolge van een onvoldoende ontwateringscapaciteit na een extreme neerslag binnen een periode van 24 uur. Op basis van hoogteligging, helling, kwel en grondwaterstand is de bio-fysische gevoeligheid voor wateroverlast in kaart gebracht. Door de huidige neerslagsom bij verschillende herhalingstijden te extrapoleren naar de neerslagverwachtingen voor het W-scenario in 2050 is deze bio-fysische gevoeligheid vertaald naar een wateroverlastkaart. Voor de robuustheidanalyse

[10] http://www.verkeerenwaterstaat.nl/onderwerpen/water/water_en_veiligheid/130_europese_richtlijn_overstromingsrisico_s_(ror)/

[11] Future Water, *Klimaatverandering en lokale wateroverlast ten gevolge van extreme neerslag in Nederland.* Februari 2008.

gelden de maximale inundatiediepte en de herhalingstijd waarbij wateroverlast optreedt als maatgevende effectindicatoren (kans op inundatie).

Kans op inundatie
Op basis van de verschillende herhalingstijden kan de kans dat een gebied inundeert worden bepaald. De kaarten van de verschillende herhalingstijden zijn daartoe in een kaartbeeld geïntegreerd. De kans varieert van t=5 (eens in de 5 jaar, dus hoge kans) tot t=100 (eens in de 100 jaar, dus lage kans).

Inundatiediepte
Om een indicatie te geven van de mate van wateroverlast wordt gebruik gemaakt van een waterdieptekaart bij een bui met een herhalingstijd T=100 jaar. Hoe groter de diepte, hoe groter het effect en dus de impact op een functie.

Aanbeveling: De inundatiekaarten zoal gebruikt voor de klimaatscan zijn alleen bruikbaar voor het landelijke gebied. Om de wateropgave voor het stedelijk gebied in beeld te brengen is een aanvullende locatiespecifieke modellering meegenomen waarin ook de capaciteit van de riolering in wordt meegenomen.

Aanbeveling: De voor de klimaatscan gebruikt methode brengt slechts een deel van de wateropgave in beeld, namelijk de wateroverlast als gevolg van extreme (dag-) neerslag. Uit de robuustheidanalyse in deze Klimaatscan komt echter naar voren dat in gebieden zoals de hoge zandgronden in Drenthe, de meerdaagse neerslag een meer relevante indicator kan zijn voor de wateropgave.. In toekomstige analyses moet dit risico beter worden gekwantificeerd. Het betreft complexe hydrologische interacties tussen grond- en oppervlaktewatersystemen; de modellering hiervan kan naar verwachting binnenkort worden gedaan met het Nationaal Hydrologisch Instrumentarium (NHI) waarin de diverse componenten van wateroverlast locatiespecifiek zijn uitgewerkt in een samenwerkingsverband van diverse Nederlandse kennisinstituten.

Tabel 3.3: Effectindicatoren wateroverlast

Effectindicatoren wateroverlast		
Toetsings klasse	**Kans op inundatie (herhalingstijd)**	**Inundatiediepte**
5 = hoog	t=5	>2 m
4	t =10	0,8 – 2 m
3	t = 25	0,5-0,8 m
2	t = 50	0,2-0,5 m
1 = laag	t = 100	0-0,2 m
0 = geen effect	Geen kans op inundatie	Geen water

3.2.3 Effecten van verzilting

Bij verzilting wordt onderscheid gemaakt tussen interne en externe verzilting. Onder externe verzilting wordt het brakker worden van het hoofdwatersysteem verstaan. Door een stijgende zeespiegel en een verlaagde rivierwaterafvoer kan vooral in de zomer de zouttong vanuit zee oostwaarts oprukken, waardoor inlaatpunten voor zoet water onbruikbaar raken. Het effect hiervan is vooral van belang voor de inlaatpunten in de zuidwestelijke delta en langs de Nieuw

Waterweg en Hollandse IJssel. Omdat externe verzilting niet direct effect heeft op de in een gebied aanwezige functies maar zich indirect manifesteert via afname van het de beschikbaarheid van zoetwater worden de indicatoren nader toegelicht onder 3.2.4.

Interne verzilting wordt veroorzaakt door belasting van het oppervlaktewater met brak of zout kwelwater. De toename van de zoutvracht van het grondwater naar het oppervlaktewater is afhankelijk van de verzilting van het grondwater en van de hoeveelheid grondwater die het oppervlaktewater bereikt. Dit laatste aspect kan toenemen door een toename van de stijghoogte van het grondwater. Van deze zoutvracht, weergegeven in kg/ha jaar, stroomt in veel gevallen het grootste deel naar het oppervlaktewater; het overige grondwater zal de wortelzone bereiken. De zoutvracht geeft hiermee een indicatie van de kwaliteit van het oppervlaktewater en eventuele doorspoelbehoefte.

Tabel 3.4: Effectindicatoren verzilting

Effectindicatoren verzilting	
Toetsings klasse	**Verschil tov H (kg/ha/jaar)**
5 = hoog	Toename zoutvracht > 1000
4	Toename zoutvracht 500 – 1000
3	Toename zoutvracht 100 – 500
2	Toename zoutvracht 0 – 100
1 = laag	Afname zoutvracht
0 = geen effect	Hinge area (infiltratie -> kwel) / Infiltratie

3.2.4 Effecten van watertekort

Effecten van watertekort uiten zich in een simultane toename van de watervraag en/of een afname van het wateraanbod. Beide nemen onder invloed van klimaatverandering hoogstwaarschijnlijk toe. De toename van de watervraag is sterk afhankelijk van de stijging van de temperatuur en een toenemende verdamping. Hiervan zijn geen secundaire effectkaarten beschikbaar. De watervraag neemt ook toe door een toenemende doorspoelbehoefte als gevolg van het brakker worden van het oppervlaktewater. Dit effect is direct gerelateerd aan verzilting en toegelicht in 3.2.3.

Bij watertekort maken we onderscheid in een tekort aan grondwater en een tekort aan oppervlaktewater.

Grondwater

Een tekort aan grondwater voor de gewassen vertaalt zich in een reductie van de gewasverdamping wegens een gebrek aan water in de wortelzone; het zogenoemde bodemvocht. De plant verdampt daardoor minder water dan in potentie mogelijk is. Hierdoor kan het gewas zich niet goed ontwikkelen (de zogeheten drogestofopbrengst neemt af; dit wordt ‘droogteschade’ genoemd) of in extreme gevallen afsterven. Het grondwatertekort kan worden veroorzaakt door beperkingen in de netto neerslag, toename van verdamping (meestal via plantenwortels, maar via capillaire opstijging ook vanaf kale bovengronden), toename van wegzijging (=neerwaartse grondwaterbeweging) naar het diepere grondwater en vermindering van aanvulling van bodemvocht via het oppervlaktewater.

De effecten van toenemende verdamping en veranderende neerslagpatronen op het verloop van de verschillende indicatieve grondwaterstandparameters ‘G×G’ (i.c. Gemiddelde

VoorjaarsGrondwaterstand GVG, Gemiddeld Laagste Grondwaterstand GLG en Gemiddeld Hoogste Grondwaterstand GHG) zijn door Alterra voor de verschillende klimaatscenario's gemodelleerd[12]. Met behulp van zogenoemde 'lineaire landsdekkende tijdreeksmodellen' zijn met een resolutie van 25×25m grondwaterstandsreeksen berekend voor het huidige klimaat en voor toekomstige klimaatscenario's. De berekende G×G-kaarten kaarten zijn vervolgens gebruikt om het effect van klimaatverandering op de vochtvoorraad in de wortelzone en op het vochttekort te bepalen. Voor de gewassen gras en bos werd specifiek het vochttekort in de bodem gemodelleerd. Hoe groter dit tekort, hoe gevoeliger het gebied is voor de effecten van watertekort.

Nota bene: tekorten aan grondwater leiden niet altijd tot verminderde robuustheid. Gewassen kunnen zich immers reeds hebben aangepast in de lokale omstandigheden. Deze differentiatie wordt bij de gevoeligheidsindicatoren (3.4) niet gemaakt. Om inzicht te krijgen in de omvang van het probleem wordt daarom naast het absolute tekort ook het verschil ten opzichte van de huidige situatie in beeld gebracht.

Tabel 3.5a Effectindicatoren watertekort (1)

Effectindicatoren watertekort (1)		
Toetsings Klasse	**Bodemvochttekort**	**Verschil tov H**
5 = hoog	> 200 mm	>50%
4	150-200	26-50%
3	100-150	11-25%
2	50-100	1-10%
1 = laag	1-50	0%
0 = geen effect	Geen tekort	Afname vochttekort

Oppervlaktewater

Oppervlaktewater wordt voor verschillende doeleinden gebruikt (peilbeheer, beregening, doorspoeling en drinkwater). Het tekort is de hoeveelheid water die de gebruikers van oppervlaktewater extra, dat wil zeggen boven de beschikbare, toegeleverde hoeveelheid, nodig hebben om aan de gestelde vraag te voldoen. Oppervlaktewatertekort kan daarom in de meeste gevallen ook gelezen worden als wateraanvoertekort. Ongeveer 70% van het wateraanbod is afkomstig van rivieraanvoer. Door een toenemend neerslagtekort in met name de droge scenario's zal ook de rivierafvoer en hiermee de waterbeschikbaarheid afnemen. In welke mate dit tot watertekort zal leiden is onder ander afhankelijk van de mogelijkheden tot wateraanvoer. `

Tabel 3.5b Effectindicatoren watertekort (2)

Effectindicatoren watertekort (2)	
Toetsings klasse	**Infrastructuurvoor wateraanvoer obv fysisch geografische regio's**

[12] Gaast, J. W. J., H. T. L. Massop, and H. R. J. Vroon. 2009. *Effecten van klimaatverandering op de watervraag in de Nederlandse groene ruimte. Analyse van de waterbeschikbaarheid rekeninghoudend met de freatische grondwaterstand en bodem*. Wageningen, Alterra,.

5 = hoog	Afwezig
1 = laag	Aanwezig

Grote gedeelten van Nederland worden voorzien van water dat wordt aangevoerd via de grote rivieren. De waterverdeling over de Rijntakken wordt geregeld met de stuw te Driel. In de meeste westelijk gelegen delen van de Zuid-Hollandse en Zeeuwse eilanden, en in hogergelegen gebieden in Zuid- en Oost-Nederland als de Veluwe, Zuid-Limburg en delen van Brabant en is de infrastructuur om water aan te voeren afwezig of beperkt. In Friesland wordt water ingelaten uit het IJsselmeer; een gedeelte wordt doorgevoerd naar Groningen en zuidoost Drenthe. Uit het IJsselmeer wordt ook water opgepompt naar Drenthe en Groningen via het Zwarte Water, Meppelerdiep en de Drentse kanalen. Ook in Noord-Holland en de Noordoost- en Flevopolders wordt water ingelaten vanuit het IJsselmeer. Hetzelfde geldt voor Brabant middels de Zuid-Willemsvaart, die water onttrekt aan de Maas. In Overijssel wordt in tijden van droogte water onttrokken aan de Vecht en indien nodig aan de IJssel via de Twentekanalen en het Overijssels kanaal.

Nota bene: Naast de wateraanvoerinfrastructuur is de aard, ernst en omvang van het watertekort ook afhankelijk van gebiedseigenschappen zoals hoogteligging, grondwaterregime, bodemsoort en bodemgebruik. Zo is bij hellende gebieden wateraanvoer onmogelijk is treedt op de zogenoemde vrij afwaterende hogere zandgronden verdroging op. Deze zijn in de klimaatscan niet meegenomen.

Voor gebieden die voor hun wateraanvoer afhankelijk zijn van de inlaatpunten langs de grote rivieren zijn in de klimaatscan ook de effecten van externe verzilting van Rijkswateren meegenomen. Als uitgangspunt is de verzilting in het W^+-scenario in een extreem zout jaar genomen op basis van de belangrijkste inlaatpunten in een gebied. In het huidige beheer raken deze inlaatpunten onbruikbaar wanneer de chloridenorm van 250 mg/l wordt overschreden. Hierop aansluitend wordt als norm voor zoetwaterbeschikbaarheid het aantal dagen genomen dat een inlaatpunt kan worden gebruikt. De studie van Rijkswaterstaat geeft 245 dagen als ondergrens.

Overigens: de effecten van klimaatverandering op de verzilting van Rijkswateren in de Zuidwestelijke Delta zijn hoogstwaarschijnlijk minder ingrijpend dan de op afzienbare termijn geplande rigoureuze menselijke ingrepen deze regio, te weten het Kierbesluit en een toekomstig zout Volkerak Zoommeer. Door deze ingrepen zal het waterbeheer in de Rijkswateren significante, structurele veranderingen ondergaan.

3.3 Stap 3: Landgebruikskaart

Om te bepalen wat de mogelijke gevolgen zijn van de verschillende effecten worden ze in een robuustheidanalyse geconfronteerd met de in het gebied aanwezige functies. De mate waarin de functies gedifferentieerd worden is afhankelijk van het verschil in gevoeligheid voor een effect en de schaal waarop de opgaven gesignaleerd worden. Voor de klimaatscan op provinciaal niveau is tijdens de testfase onderscheid gemaakt van de CBS gegevens (2003) aangevuld met de LGN database voor differentiatie in de functie landbouw. Van de rasterkaart is een polygonenkaart gemaakt en gebieden kleiner dan een hectare verwijderd, zodat er niet onnodig veel gedetailleerde informatie wordt berekend. .Dit heeft echter als risico dat ook het optredende effect over het gehele gebied wordt gemiddeld. In de verbeterde versie van de scan wordt daarom gewerkt een rasterkaart zodat per gridcel de robuustheid bepaald kan worden. Een kundige interpretatie is dan wel vereist om geen schijnnauwkeurigheid te wekken.

De CBS indeling beidt met name voor de functie natuur onvoldoende houvast te bieden om gericht uitspraken te kunnen doen over de robuustheid van natuur. Voor de provincie Drenthe is daarom de functie natuur nader uitgewerkt in natuurdoeltypen. De bijbehorende indicatoren zijn bepaald en geclassificeerd op basis van "Risicoanalyse voor kwetsbaarheid natuur voor klimaatverandering"[13] en worden nader omschreven in paragraaf 4.5. Natuurdoeltypen zijn echter niet landsdekkend en alles omvattend. In de verbeterde versie van de klimaatscan is daarom gekozen voor de functie indeling gebruik te maken van de klassen zoals gedefinieerd in de LandGebruikerkaart Nederland (LGN).De hier gebruikte classificering kent een groter mate van detailniveau dan de functie indeling zoals gebruikt in de testfase. Hiermee kan een beter inschatting gegeven worden van de effecten van klimaatverandering op de verschillende landgebruiken en is de scan als signalerend instrument voor meerdere doeleinden en beleidsvelden dan de structuurvisie bruikbaar.

3.4 Stap 4: Gevoeligheidsindicatoren

De robuustheid van een functie voor de effecten van klimaatverandering wordt bepaald door de kans op een gebeurtenis en de gevolgen ervan. De gevolgen zijn afhankelijk van de mate van weerstand of veerkracht van de functie. Weerstand definiëren wij als het vermogen om externe druk te weerstaan zonder te reageren. Veerkracht is het vermogen om mee te geven maar weer snel te herstellen na het wegvallen van de druk.

De mate van weerstand en veerkracht zijn uitgewerkt in aantal functieafhankelijke indicatoren, de zogenaamde gevoeligheidsindicatoren. De verschillende functies zoals onderscheiden in de LGN zijn ingedeeld in 5 klassen, waarbij 5 staat voor zeer gevoelig en 1 voor zeer ongevoelig. Deze indeling is gemaakt op grond van expert judgement door de aan de scan deelnemende provincies. Hierbij is gebruik gemaakt van de ervaringen zoals eerder opgedaan door de provincie Zuid-Holland en verschillende onderzoeken naar de effecten van klimaatverandering op natuur en landbouw. In deze paragraaf worden de verschillende indicatoren per effect nader toegelicht. Tabel 3.6 geeft een overzicht van alle indicatoren en hun gevoeligheidsscore per landgebruikerstype. Deze scores maar ook de gekozen indicatoren kunnen naar eigen inzicht aangepast en uitgebreid worden.

Effecten van overstroming

De gevolgen van een overstroming worden bepaald door het aantal slachtoffers vallen, en schade aan de aanwezige functies. Het potentieel aantal slachtoffers en de potentiële economische schade is voor een groot deel afhankelijk van waar mensen wonen en waar economische activiteit plaatsvindt. Als indicator hanteren we daarom het geïnvesteerde kapitaal en de bevolkingsdichtheid. Deze zijn per functie geclassificeerd. Zo zullen de gevolgen van een overstroomd stedelijk gebied vele malen groter zijn dan het overstromen van grasland (veeteeltgebied).

Effecten van wateroverlast

Of wateroverlast daadwerkelijk als wateroverlast wordt ervaren is afhankelijk van het landgebruik. Hoe groter de economische waarde van een functie, hoe groter de schade bij wateroverlast en hoe gevoeliger voor de effecten van klimaat verandering. Voor de classificering is uitgegaan van de werknormen zoals deze in het Nationaal Bestuursakkoord

[13] Vos, C. C., B. S. J. Nijhof, M. van der Veen, P. F. M. Opdam, and J. Verboom. 2007. *Risicoanalyse kwetsbaarheid natuur voor klimaatverandering*. Alterra, Wageningen.

Water zijn vastgelegd. Voor grasland wordt bijvoorbeeld een norm van 1:10 jaar gebruikt en akkerbouw mag eens in de 25 jaar inunderen.

Effecten van watertekort

Om de gevoeligheid voor effecten van watertekort te bepalen wordt voor elke functie de droogtetolerantie in beschouwing genomen. De droogtetolerantie geeft aan in hoeverre een bepaalde vorm van landgebruik bestand is tegen een lange droge periode. Daarnaast geeft de droogtetolerantie inzicht in de veerkracht van een functie, doordat het een beeld geeft van het

Tabel 3.6 Score van de gevoeligheidsindicatoren per landgebruikerstype

		Overstroming		**Wateroverlast**	**Watertekort**		**Verzilting**
	Landgebruik (volgens LGN)	Geinvesteerd kapitaal	Bevolkings-dichtheid	Economische Waarde	Droogte-gevoeligheid	Waterkwaliteit-eisen	Zout-gevoeligheid
1	gras	2	1	2	3	4	2
2	mais	2	1	3	3	3	3
3	aardappelen	2	1	3	3	3	3
4	bieten	2	1	3	3	3	3
5	granen	2	1	3	3	3	3
6	overige landbouwgewassen	2	2	4	4	4	4
8	glastuinbouw	4	2	4	5	5	5
9	boomgaard	2	1	4	4	4	5
10	bollen	2	1	4	4	4	5
11	loofbos	1	1	1	2	2	2
12	naaldbos	1	1	1	2	2	2
16	zoet water	1	1	1	4	4	4
17	zout water	1	1	1	1	1	1
18	stedelijk bebouwd gebied	5	5	5	1	1	1
19	bebouwing in buitengebied	4	3	5	3	3	3
20	loofbos in bebouwd gebied	1	1	1	2	2	2
21	naaldbos in bebouwd gebied	1	1	1	2	2	2
22	bos met dichte bebouwing	5	4	5	2	2	3
23	gras in bebouwd gebied	1	1	1	2	2	2
24	kale grond in bebouwd buitengebied	1	1	1	1	2	1
25	hoofdwegen en spoorwegen	0	0	0	0	0	0
26	bebouwing in agrarisch gebied	4	3	5	3	3	3
30	Kwelders	1	1	1	1	1	1
31	Open zand in kustgebied	1	1	1	1	1	2
32	Open duinvegetatie	1	1	1	1	1	4
33	Gesloten duinvegetatie	1	1	1	1	1	4
34	Duinheide	1	1	1	1	1	4
35	Open stuifzand	1	1	1	1	1	1
36	Heide	1	1	1	3	3	5
37	Matig vergraste heide	1	1	1	2	3	5
38	Sterk vergraste heide	1	1	1	1	3	5
39	Hoogveen	1	1	1	5	4	5
40	Bos in hoogveengebied	1	1	1	4	3	5
41	Overige moerasvegetatie	1	1	1	4	3	3
42	Rietvegetatie	1	1	1	2	2	2
43	Bos in moerasgebied	1	1	1	3	3	3
44	Veenweidegebied	1	1	1	4	3	4
45	Overig open begroeid natuurgebied	1	1	1	3	3	1
46	Kale grond in natuurgebied	1	1	1	1	1	1

Error! Reference source not found.

Error! Reference source not found.

herstelvermogen. Wanneer een functie na een droge periode snel herstelt is er sprake van een grote veerkracht. De droogtetolerantie van de verschillende gewassen en vegetaties zoals geclassificeerd in de LGN verschilt en is (redelijk) goed bekend. In deze analyse wordt volstaan met een globale klassenindeling.

Er kan ook sprake zijn van effecten van watertekort wanneer er weliswaar voldoende water beschikbaar is, maar dit water wat kwaliteit betreft te wensen overlaat. De kwaliteit van (gebiedsvreemd) water wordt naast het chloridegehalte ook bepaald door andere stoffen, waaronder nitraat en fosfaat. Hoe lager de kwaliteitseisen van een functie, des te minder snel is er sprake is van een watertekort.

Effecten van verzilting

De gevolgen van het optreden van verzilting zijn afhankelijk van de mate waarin een functie bepaalde chloridegehalten kan weerstaan. Hoewel de zouttolerantie van gewassen en vegetaties binnen de functies glastuinbouw, vollegrondstuinbouw, akkerbouw, natte en droge natuur en recreatie verschilt volstaat deze analyse met een globale klassenindeling die hiermee geen rekening houdt. Nader onderzoek over de in het veld aanwezige gewassen moet uitwijzen hoe groot de daadwerkelijke zouttolerantie is. Hierbij kan gebruik gemaakt worden van de studies "Zouttolerantie van landbouwgewassen[14] en "Zouttolerantie van zoetwaterminnende natuurdoeltypen[15] waarin per gewas respectievelijk natuurdoeltypen de zouttolerantie nader wordt uitgewerkt.

Aanbeveling: kwalitatieve analyses naar zoutschade die in de eerste fase van de landelijke Droogtestudie zijn uitgevoerd leverden een zoutschade aan gewassen op die twee à drie orden van grootte kleiner is dan de te verwachten droogteschade. Gelet op de betrekkelijke (on)nauwkeurigheid waarmee droogteschade toen berekend kon worden leek opbrengstderving ten gevolge van verzilting van de wortelzone dus te verwaarlozen. Droogteschade en zoutschade zijn echter geen onafhankelijke zaken. Dat de zoutschade gering is, is mede te danken aan de praktijk van doorspoelen, die erop neerkomt dat het verziltende oppervlaktewaterwater in west- en Noord-Nederland verdund wordt tot een chlorideniveau dat aanvaardbaar is voor beregening. In droge tijden gaat doorspoelen van het lage deel van Nederland echter ten koste van beregening elders, zodat in feite zoutschade wordt voorkomen door droogteschade te accepteren. De huidige praktijk van doorspoelen, die historisch gegroeid is in een situatie met een overmaat aan zoet oppervlaktewater, staat inmiddels ter discussie. Alterra en Deltares zijn bezig met onderzoek om de effecten van klimaatverandering op de zoutschade aan gewassen beter te kwantificeren. De resultaten komen vanaf medio 2009 gaandeweg beschikbaar en het verdient aanbeveling deze kennisvermeerdering nauwgezet te volgen.

3.5 Stap 5: Robuustheidsanalyse

Stap 5, de robuustheidsanalyse, is de eigenlijke klimaatscan. Hierin worden de verschillende effectkaarten zoals beschreven in stap 1 geconfronteerd met de landgebruikskaart (stap 3) door ze letterlijk over elkaar te leggen. De score van de indicatoren zoals toegekend aan het

[14] Dam, A. M. v., O. A. Clevering, W. Voogt, T. G. L. Aendekerk, and M. P. v. d. Maas. 2007. *Zouttolerantie van landbouwgewassen* . PPO-Wageningen UR.

[15] Paulissen, M., and E. Schouwenberg. 2007. *Zouttolerantie van zoetwatergevoede natuurdoeltypen.* Alterra, Wageningen.

gebied (stap 2) en de functie (stap 4) worden per effect met elkaar vermenigvuldigd en gedeeld door het aantal indicatoren. De eindscore geeft zo de mate van robuustheid weer variërend van zeer robuust (1) tot zeer kwetsbaar (5). Wanneer een effect niet optreedt, bijvoorbeeld bij een overstromingsdiepte van nul meter, blijft de score nul. Op de kaart worden deze gebieden wit aangegeven (effect treedt niet op). Gebieden waarvoor geen informatie beschikbaar is zijn op de kaart als grijs aangegeven (geen data). De resultaten van de analyse worden per provincie in hoofdstuk 5 besproken.

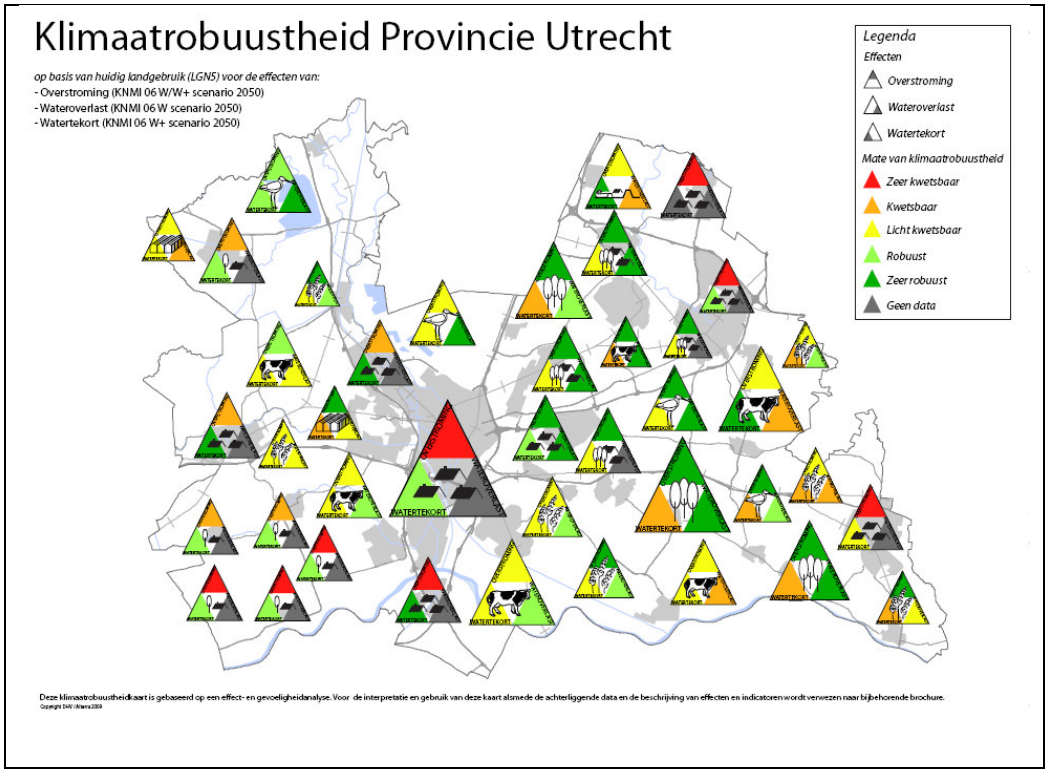
Aanbeveling: De gebruikte formule om de robuustheid te bepalen is een 1 op 1 methode. Elke indicator/aspect telt even zwaar mee. In werkelijkheid telt niet elk aspect even zwaar. Door aan de indicatoren in de formule een weging toe te kennen kan ook de politieke discussie meegenomen worden in de robuustheidsanalyse.

3.6 Stap 6: Beleidmatige interpretatie

De klimaatscan is een startpunt voor onderzoek en discussie, geen eindproduct. Gevaar is dat de weergave van de resultaten in een gedetailleerde GISkaart overschat wordt. De uitkomst van de robuustheidsanalyse is gebaseerd op een selectie van indicatoren. Naast deze indicatoren spelen een tal van andere zaken mee die moeilijker meetbaar zijn. Daarnaast zijn niet alle effecten van klimaatverandering meegenomen. De kaarten hebben dus enkel een signalerende en agenderen functie en behoeven nog een beleidsmatige interpretatie. De manier waarop deze interpretatie plaats vindt, is afhankelijk van het doel waarvoor ze gebruikt worden en daarom niet te uniformeren binnen een bepaalde scanmethode.

Bij de beleidsmatige interpretatie is het van belang de verschillende kanttekening bij de methodiek en gebruikte effectkaarten in ogenschouw te nemen.

Wanneer de kaarten voor communicatiedoeleinden gebruikt worden is “opschalen” van de gridcellen noodzakelijk. De gebieden kunnen hiertoe weergegeven worden als vlekken of icoon van de meest voorkomende functie. Voordeel van de functie-iconen is dat gelijk inzichtelijk is om welke functie het gaat zonder dat teruggegrepen hoeft te worden naar de landgebruikskaart.



Figuur 3.2: Voorbeeld van een icoonkaart voor de provincie Utrecht

3.7 Conclusies en aanbevelingen

Klimaatverandering is een relatief nieuw vraagstuk waar veel aandacht voor is. Hoewel er veel generieke kennis bestaat over hoe het klimaat zal veranderen is er nog steeds sprake van grote onzekerheden. Een deel van deze onzekerheden zijn inherent aan het vraagstuk van klimaatverandering. Met de methodiek is getracht om, op basis van een Multi criteria analyse en gebruikmakend van beschikbare wetenschappelijke gegevens en expert judgement, gebiedsspecifiek een eerste indicatie te geven van de mate van robuustheid van functies. De kracht van deze pragmatische methodiek is dat in relatief korte tijd kwetsbaarheden (en kansen) in het landgebruik inzichtelijk worden gemaakt. Dit levert de onderbouwing voor keuzes in het ruimtelijke ontwerpproces. De scan is een startpunt voor onderzoek en maatschappelijke discussie.

Een pragmatische aanpak kent echter ook zijn beperkingen. Per stap zijn daarom de nodige kanttekeningen en aanbevelingen voor optimalisatie van de scan geplaatst. Ze zijn herkenbaar door de *cursieve* weergave. De aanbevelingen kunnen gebruikt worden bij het verder optimaliseren van de scan en de effectdata. Daarna vormen ze belangrijkste noties die meegenomen moeten worden bij de beleidsmatige interpretatie van de analysekaarten.

De volgende conclusies worden getrokken:

- De klimaatscan werkt goed om klimaatopgaven te signaleren en agenderen;
- De robuustheidskaarten dienen vooral als discussiekaart en met sectoren binnen en buiten de provincie;
- Om een robuuste adaptatiestrategie te bepalen moeten alle scenario's gescand worden;

- Om inzicht te krijgen in de omvang van de opgave is een vergelijking met de huidige situatie wenselijk;
- Het verkennen van adaptatiestrategieën is een gebiedsontwikkelingsproces;
- De scan is vooralsnog alleen gericht op aspecten, gekoppeld aan de hydrologie.

4 BESCHRIJVING VAN DE EFFECTENDATA

Tabel 3.1 geeft een overzicht van de voor dit project ter beschikking gestelde en gebruikte data. De achtergrond en totstandkoming van de data worden in de navolgende paragrafen per effect nader toegelicht.

4.1 Overstroming

Overschrijdingsfrequentie
Als gevolg van klimaatverandering zal de kans op een overstroming in de toekomst toenemen. Binnen het project 'Aandacht voor Veiligheid'[16] is gekeken welke consequenties dit heeft op de overschrijdingskansen. Hierbij gaat het om de relatieve veranderingen in overschrijdingskansen op de lange termijn onder invloed van klimaatveranderingen. Het gaat dus niet zozeer over wat de precieze kans is op dit moment of in de toekomst. Binnen AVV is aangenomen dat het watersysteem in het uitgangsjaar 2015 onder de huidige wet op de waterkering[17] op orde is en dat de problemen met o.a. piping[18] zijn opgelost. Bovendien wordt verondersteld dat alle keringen op orde zijn en voldoen aan de huidige normering. Verder is ervan uitgegaan dat de maatregelen voor de zwakke schakels langs de kust en de Maaswerken en PKB Ruimte voor de Rivier zijn uitgevoerd. Om de invloed van klimaatverandering op de overschrijdingskans te kunnen bepalen is gebruik gemaakt van de zogenaamde 'decimeringshoogte'. De decimeringshoogte is het waterstandsverschil (oppervlaktewater), waarbij de kans een factor 10 toe- of afneemt. Anders gezegd, een waterstand die een decimeringshoogte lager ligt dan de huidige maatgevende waterstand komt tienmaal vaker voor dan die maatgevende waterstand.

Wat nu als –bijvoorbeeld- de waterstanden ten gevolge van zeespiegelstijging met één decimeringhoogte worden verhoogd? Ruwweg heeft dit tot gevolg dat de huidige maatgevende waterstand tienmaal vaker zal worden overschreden, waardoor de veiligheid sterk afneemt. Met behulp van de decimeringshoogte kan zo per dijkring de toekomstige overschrijdingskans onder verschillende klimaatscenario's worden bepaald, onder de aanname dat er ten opzichte van het basisjaar 2015 geen aanvullende maatregelen worden uitgevoerd. Let wel: De decimeringshoogten per dijkring worden constant verondersteld voor elk zeespiegelstijgingsscenario. Echter, het gebruik van decimeringshoogten bij zeespiegelstijgingsscenario's van meer dan 1-1,5 m is nog niet goed onderzocht en is waarschijnlijk omgeven met enige onzekerheid.
Binnen AVV is besloten uit te gaan van de maatgevende waterstanden (Q_{1250}) en zeespiegelstijging zoals weergegeven in tabel 4.1.

[16] Aerts, Jeroen, Ton Sprong, Bert Bannink (eds), *Aandacht voor Veiligheid.* 2008

[17] wetten.nl, 2008

[18] Door het drukverschil tussen de rivier en de sloot achter de dijk stroomt er kwelwater onder de dijk door. Dat kan op zichzelf niet zoveel kwaad, want dat water wordt via de sloot wel afgevoerd. Het wordt ernstig wanneer de kwelstroom zand mee gaat voeren van onder de dijk. Er ontstaat dan een 'pijp' onder de dijk en de dijk wordt ondermijnd (Deltares 2008).

Tabel 4.1: Scenario's voor rivierafvoeren en klimaat zoals gebruikt binnen het project Aandacht voor Veiligheid.

Jaar	Q_{1250} Rijn (m^3/s)	Q_{1250} Maas (m^3/s)	Zeespiegelstijging (cm)
2040	16.700	4.200	25
2100	18.000	4.600	60
			85
			150
Verre toekomst	18.000	4.600	500

In de klimaatscan zijn de gevolgen voor het jaar 2040 in beeld gebracht. Deze komen niet overeen met de meest extreme schattingen conform de KNMI'06-scenario's (tabel 4.2). Reden hiervoor is dat naast onzekerheden in de gebruikte klimaatscenario's en de gebruikte hydrologische modellen, bovenstroomse maatregelen het huidige "fysisch" maximum van ongeveer 16.500 m^3/s instroom bij Lobith sterk kunnen beïnvloeden. In de huidige situatie zullen extreme afvoeren (hogere dan nu gemeten) door overstromingen in Duitsland worden afgevlakt.

Tabel 4.2: Schatting van de Q_{1250} (afvoer die gemiddeld eens per 1250 jaar kan voorkomen; in m^3/s) voor Rijn (Lobith) en Maas (Borgharen) op basis van KNMI'06 scenario's. A: Op basis van de vuistregel: toename van de maatgevende afvoer is evenredig aan de toename van de 10-daagse neerslagsom in het winterseizoen; B: Op basis van vergelijking tussen verandering afvoerregime WB21 en KNMI'06 scenario's.

Scenario		A		B	
		Rijn (Lobith) (m^3/s)	Maas (Borgharen) (m^3/s)	Rijn (Lobith) (m^3/s)	Maas (Borgharen) (m^3/s)
2001		16.000	3.800	16.000	3.800
2050	G	16.640	3.952	16.800	4.000
	W	17.280	4.104	17.600	4.200
	G+	16.960	4.028	16.800	4.000
	W+	17.920	4.256	17.600	4.200
2100	G	17.280	4.104	17.600	4.200
	W	18.560	4.408	19.200	4.550
	G+	17.920	4.256	17.600	4.200
	W+	19.840	4.712	19.200	4.550

De resultaten laten zien dat bij de maatgevende afvoeren in 2040 de kansen van een overschrijding van de huidige maatgevende waterstand met een factor 2 à 3 gaan toenemen. Bij 60 cm zeespiegelstijging, een Rijnafvoer van 18.000 m^3/s en een Maasafvoer van 4.600 m^3/s neemt de kans toe met een factor die varieert van circa 5 tot circa 20. De verschillen hangen af van de plaats en van het gekozen scenario.
Zo nemen de kansen in het Waddengebied sterker toe dan langs de Hollandse kust. Ook blijft de toename in het IJsselmeergebied beperkt omdat is aangenomen dat de voorgenomen uitbreiding van de spuicapaciteit een deel van de stijging van de zeespiegel opvangt. Bij een verdere zeespiegelstijging, bijvoorbeeld tot 150 cm, neemt uiteraard de kans nog verder toe, in sommige gebieden met een factor 1000. Die zeespiegelstijging heeft niet alleen invloed op de kust, maar werkt ook sterk door in het Benedenrivierengebied en op het IJsselmeergebied. Zo

zal bijvoorbeeld in de omgeving van Dordrecht (nu kans van 1/2000) de kans op overschrijding van de huidige maatgevende waterstand stijgen naar circa 1 maal per 3 jaar.

Hand-outs van de presentatie zoals gegeven door Hans de Moel (VU Amsterdam, Instituut voor Milieuvraagstukken) tijdens de expertbijeenkomst op 22 januari zijn opgenomen in bijlage 4.

Meer informatie:
Aerts, Jeroen, Ton Sprong, Bert Bannink (eds). *Aandacht voor Veiligheid.* 2008

Overstromingsrisicokaart
Om de maximale waterdiepte per gebied te bepalen is gebruik gemaakt van de nieuwe provinciale risicokaarten[19]. Op de risicokaart wordt per locatie een waterdiepte weergegeven die ontstaat na het doorbreken van een primaire waterkering. Daarbij is ervan uitgegaan dat er geen mogelijkheden zijn om tijdens de overstroming maatregelen te nemen. Deze dijkdoorbraak kan plaats vinden langs de Noordzee, het IJsselmeer en de grote rivieren. De waterdiepte is berekend met behulp van een groot aantal overstromingsscenario's, op basis van landelijke uniforme uitgangspunten. Door een overstromingskansberekening van de dijkring of dijkvak te maken is rekening gehouden met de duur en hoogte van de waterstand, golfwerking en meer faalmechanismen dan alleen overlopen (bijv. ook afschuiven en piping). Door verschillende overstromingsscenario's te simuleren is het verloop van een overstroming berekend. Hierbij zijn aannames gedaan over de instroomomstandigheden, verloop van de bresgroei en terreinligging en -inrichting van het te overstromen gebied. Een scenario laat vervolgens het verloop van de overstroming zien in termen van stijgsnelheid, frontsnelheid, waterdiepte, duur en stroomsnelheden. Door de uitkomsten van verschillende scenario's te combineren is per gridcel binnen een overstromingsgebied de maximaal optredende overstromingsdiepte weergegeven.

Aanbeveling: De modelberekening zoals gebruikt voor de overstromingsrisicokaarten gaan uit van de huidige situatie en het huidige klimaat. Veranderingen in maatgevende waterstanden en maaiveldhoogte leiden mogelijk tot andere waterdieptes.

Meer informatie:
www.risicokaart.nl

4.2 Wateroverlast

Wateroverlast ten gevolge van extreme neerslag en veranderend landgebruik zal in de toekomst steeds vaker optreden. Wateroverlast ten gevolge van klimaatverandering is een ruim begrip. Ten eerste moet er onderscheid gemaakt worden tussen het effect van zeespiegelstijging en het effect van veranderende neerslag. Ten gevolge van zeespiegelstijging zullen grote delen die nu onder vrij verval water kunnen afvoeren in de toekomst bemalen moeten worden, wat aanzienlijke kosten met zich meebrengt. Ten tweede heeft een verandering van de neerslagkarakteristieken een aantal verschillende effecten (met mogelijke oplossingen):

[19] Waterstaat, M. v. V. e., M. v. E. zaken, and I. Overleg. *Risicokaart overstromingen.* 2008.

– toename van de (extreme) afvoeren in de grote rivieren als gevolg van een toename van neerslag in de stroomgebieden van de Rijn en de Maas. Oplossingen moeten worden gezocht in een aanpak als gevolgd in “Ruimte voor de Rivier”;

– toename van de winterse afstroming uit polderdistricten (Kwadijk, 2007). De oplossing moet gezocht worden in aanpassingen in beheer –voorzover mogelijk- enen inrichting, waaronder vergroting van de gemaalcapaciteit;

– wateroverlast ten gevolge van inundatie via het regionale oppervlaktewater (NBW). De oplossing moet worden gezocht in de trits vasthouden-bergen-afvoeren;

– lokale wateroverlast ten gevolge van toenemende extreme neerslag en veranderend landgebruik en een gelimiteerde ontwateringscapaciteit. De oplossing moet gezocht worden in het realiseren van lokale bergingscapaciteit.

De studie van ‘Future Water’[20] heeft zich op het laatste punt gericht. Vooral lokale wateroverlast ten gevolge van een beperkte capaciteit van het ont- en afwateringssysteem zal op dagbasis voor overlast gaan zorgen. Deze overlast is voor heel Nederland gekwantificeerd. Wateroverlast wordt hierbij gedefinieerd als een overstroming die ontstaat vanuit oppervlaktewatersystemen en/of omdat het grondwater ondieper komt te staan, beide als gevolg van hevige neerslag. Dit in tegenstelling dat de definitie zoals gehanteerd in het Nationaal Bestuursakkoord Water[21] die alleen uitgaat van inundatie vanuit oppervlaktewater en geen rekening houdt met hoge grondwaterstanden. De resultaten kunnen gebruikt worden als leidraad voor het vaststellen van lokale bergingsbehoeften, maar mogen niet worden gebruikt om uitspraken te doen over benodigde gemaalcapaciteiten op tijdschalen langer dan één dag.

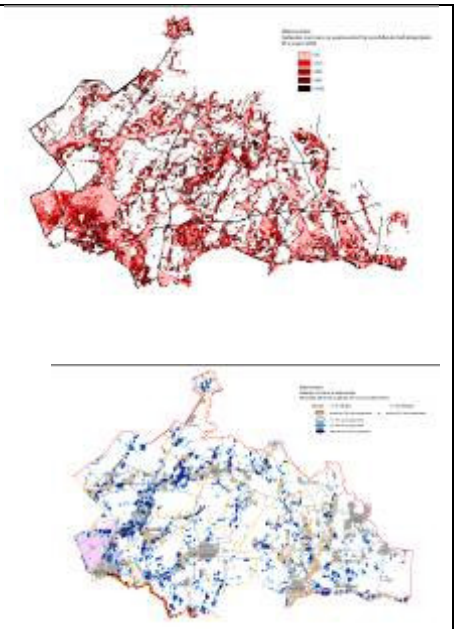
Future Water heeft de zogenoemde ‘biofysische’ gevoeligheid voor wateroverlast in kaart gebracht, op basis van de hoogteligging, helling, kwel en grondwaterstand. Om deze gevoeligheid voor wateroverlast te vertalen naar het werkelijke optreden van wateroverlast is een analyse gemaakt van de extreme neerslag voor de 13 hoofdstations van het KNMI. Voor elk van deze stations is de dagelijkse neerslagsom bepaald, met herhalingstijden van 5, 10, 25, 50 en 100 jaar. De methodiek is geschikt om de wateroverlast te identificeren volgens een protocol dat voor heel Nederland gelijk is.

Aanbeveling: Naast de genoemde indicatoren om de biofysische gevoeligheid te bepalen speelt ook verharding een belangrijke rol. Deze is in de studie echter niet meegenomen. De studie is daarom alleen bruikbaar voor het landelijke gebied. Om de wateropgave voor het stedelijk gebied in beeld te brengen is een aanvullende locatiespecifieke modellering meegenomen waarin ook de capaciteit van de riolering in wordt meegenomen.

[20] Future Water, *Klimaatverandering en lokale wateroverlast ten gevolge van extreme neerslag in Nederland.* Februari 2008.

[21] Ministerie van Verkeer en Waterstaat, *Nationaal Bestuursakkoord Water*. Juli 2003.

In de klimaatscan wordt gebruikt gemaakt van een landsdekkend model om de effecten van wateroverschot te bepalen. De effecten van wateroverschot wordt hierbij in beeld gebracht door een 24 uurs bui te confronteren met de biofysische gevoeligheid van de ondergrond. Het beeld dat dit voor de provincie Drenthe oplevert lijkt niet overeen te komen met het beeld dat de deskundigen hier zelf bij hebben. Reden hiervoor kan zijn dat voor de hogere delen van Nederland niet de 24 uurs bui maar de meerdaagse neerslagsom maatgevend is voor de waterbergingsopgave. In nevenstaande zijn ter vergelijking voor een deel van de provincie de wateroverlastkaart uit de klimaatscan en de wateroverlastkaart zoals gemodelleerd door de verschillende waterschappen naast elkaar gezet. De kaart is afkomstig uit "WB21 Stroomgebiedsvisie Vecht-Zwarte Water. Een Ruimtelijke Uitwerking van het Waterbeheer in Overijssel en Zuid-Drenthe." De visie en het kaartmateriaal is gemaakt op basis van de destijds (2003) beschikbare kennis en klimaatgegevens. De klimaatscan gaat uit van de KNMI '06 scenario's. Bij de tot standkoming en aanwijzing van de zogenaamde risicogebieden zijn daarnaast per waterschap verschillende aannames gedaan. Hiervoor wordt verwezen naar bijlage H van bovengenoemd rapport.



Wateroverlastkaart volgens methode van Future Water (boven) en wateroverlastkaart volgens stroomgebiedsvisie (onder).

Aanbeveling: De voor de klimaatscan gebruikt methode brengt slechts een deel van de wateropgave in beeld, namelijk de wateroverlast als gevolg van extreme (dag-) neerslag. Uit de robuustheidanalyse in deze Klimaatscan komt echter naar voren dat in gebieden zoals de hoge zandgronden in Drenthe, de meerdaagse neerslag een meer relevante indicator kan zijn voor de wateropgave (zie ook kader). Aanbevolen wordt dit risico in toekomstige analyses beter te kwantificeren. Het betreft complexe hydrologische interacties tussen grond- en oppervlaktewatersystemen; de modellering hiervan kan naar verwachting binnenkort worden gedaan met het Nationaal Hydrologisch Instrumentarium (NHI) waarin de diverse componenten van wateroverlast locatiespecifiek zijn uitgewerkt in een samenwerkingsverband van diverse Nederlandse kennisinstituten.

Meer informatie:
Future water, *Klimaatverandering en lokale wateroverlast ten gevolge van extreme neerslag in Nederland.* Februari 2008.
www.nhi.nu

4.3 Watertekort

Om de veranderingen van het vochttekort in de bodem als gevolg van klimaatverandering in beeld te brengen is gerekend met lineaire tijdreeksmodellen voor het bepalen van de

grondwaterstand; de zogenoemde Fysische TijdreeksMethode (FTM). De motivatie om FTM te gebruiken wordt hieronder kort toegelicht.

Om veranderingen in het vochttekort goed te kunnen berekenen is het cruciaal dat de waterberging in de bodem en aan het maaiveld zo goed mogelijk worden ingeschat. Daartoe moeten met name de bodemeigenschappen goed bekend zijn en het verloop van grondwaterstanden etc. door de gebruikte modellen/methoden goed worden beschreven. In beide methoden wordt voor een groot deel gebruik gemaakt van dezelfde gegevens en kennis waarbij de FTM op dit moment voorloopt op het NHI (+Nationaal Hydrologisch Instrumentarium); de kennis en de data uit de FTM worden gebruikt als invoer voor het NHI.

De FTM gaat uit van de geactualiseerde grondwatertrappenkaart en kan deze volledig reproduceren, het NHI simuleert grondwaterstanden met meer of minder grotere afwijkingen van deze kaart, is nog niet operationeel en is nog niet getoetst. Omdat zelfde kennis en data worden gebruikt bij schematisering worden nagenoeg geen verschillen tussen de ruimtelijke beelden van gevoeligheid voor waterbeschikbaarheid van beide instrumenten verwacht.

Er is echter wel een verschil in schaalniveau waarop wordt gewerkt. Het NHI heeft een resolutie van 250 × 250 meter, in de FTM wordt gebruik gemaakt van een resolutie van 25 × 25 meter (o.a. directe koppeling met het AHN). Juist door het resolutieverschil kunnen patronen in kaartbeelden verschillen. Omdat voor vlekkenkaarten gewerkt wordt met een beperkt aantal klassen zullen de verschillen in patronen echter gering zijn.

Bij effectberekeningen kunnen tussen beide methoden systematische verschillen ontstaan omdat het grondwatersysteem op verschillende manieren wordt gemodelleerd. Bij het NHI is het diepe grondwater onderdeel van het systeem, bij de FTM wordt het diepe grondwatersysteem als randvoorwaarde opgelegd. Omdat op basis van eerder uitgevoerd onderzoek verwacht wordt dat de veranderingen in de randvoorwaarden als gevolg van de klimaatverandering niet groot zijn, zal de meer simpele benadering in de FTM slechts een beperkt effect hebben op de resultaten.

FTM is operationeel, is getoetst en is beschreven[22]. Eind oktober 2008 is een eerste versie van het NHI opgeleverd.

In FTM is Nederland in model gebracht in 25×25 m grids. In elke gridcel worden de volgende vier variabelen berekend: bergingscoëfficiënt, drainageweerstand, ontwateringniveau en kwel. Deze parameters zijn omgezet naar tijdreeksparameters. Met deze tijdreeksparameters is voor elke gridcel een tijdreeksmodel te maken. Vervolgens is een meteoreeks (neerslag en verdamping) met dagelijks metingen van De Bilt gebruikt als invoer om een grondwaterstandsreeks met dagelijkse voorspellingen te genereren. Uit deze grondwaterstandsreeks kunnen grondwaterstandskarakteristieken zoals de GHG, GVG en GLG worden afgeleid. Deze karakteristieken zijn afgeleid voor alle vier de KNMI ’06 scenario’s voor het jaar 2050. Bij het W+ scenario nemen de verschillen tussen de zomerse neerslag en verdamping toe, met als resultaat significante grondwaterstandsdalingen.

Grondwaterstanden zijn maatgevend voor de waterbeschikbaarheid voor gewassen, natuur en andere functies in de groene ruimte. Eronder bevindt zich de waterverzadigde zone, erboven de onverzadigde zone, en daarboven de wortelzone. Capillaire opstijging is een robuuste

[22] Gaast, J. W. J. v. d., and H. T. L. Massop. 2009. *Effecten van klimaatverandering op de watervraag in de Nederlandse groene ruimte.* Alterra.

'aanvoerroute' voor bodemvocht in de wortelzone van gewassen. Wanneer de grondwaterstand te sterk daalt wordt kan de capillaire opstijging aanzienlijk afnemen.

Naast inzicht in de verschillende grondwaterstanden (G×G kaarten) geeft het onderzoek ook inzage in de bodemprofielen (profieltype kaart) De kaarten zijn vooralsnog beschikbaar voor gras en bos. Afhankelijk van de worteldiepte is er meer of minder capillaire nalevering. Bos wortelt dieper, en heeft daarmee meer capillaire nalevering.

De presentatie zoals gegeven door Harry Massop (Alterra) tijdens de expertbijeenkomst op 22 januari 2009 is opgenomen in bijlage 6.

4.4 Verzilting

De effecten van verzilting zijn slechts voor een klein toe te schrijven aan de gevolgen van klimaatverandering. Klimaatverandering heeft via zowel veranderende grondwateraanvulling (neerslag en verdamping) als zeespiegelstijging invloed op de stijghoogte in de watervoerende pakketten van het grondwatersysteem (interne verzilting). Daarnaast kan de afname van de zomerafvoeren van grote rivieren zorgen voor verminderde wateraanvoer tot in de haarvaten, waardoor zoute kwel minder gemakkelijk kan worden bestreden (externe verzilting).

In deze studie worden de kaarten gepresenteerd van de

1. chlorideconcentraties aan de onderkant van de deklaag;
2. kwel; en
3. zoutvrachten van het grondwater naar het oppervlaktewater

voor de situatie zonder klimaatverandering (de *autonome* situatie) en de KNMI '06 klimaatscenario's *G, G+, W* en *W+* voor de jaren *2020, 2050* en *2100* ten opzichte van het jaar 2000.

Het gebruikte modelinstrumentarium voor deze studie is een vervolg op twee eerdere studies die zijn uitgevoerd voor het MNP in 2007 en voor VROM in 2008. Opgemerkt moet worden dat het gebruikte model met een schaal van 1 x 1 km^2 een conceptversie is van het Nederlandse zoet-zout grondwatermodel (onderdeel van het NHI) dat op dit moment wordt ontwikkeld met een horizontale resolutie van 250 x 250 m^2.

Het ondiepe grondwater in de meeste Nederlandse kustgebieden (Groningen, Friesland, Noord- en Zuid Holland en Zeeland) zout; d.w.z. het chloridegehalte is groter dan 3000 mg/l. Op regionale schaal, d.w.z. in kustgebieden en in enkele meer landinwaarts gelegen polders, zal het grondwater gaandeweg verder verzilten. Op locale schaal is dit niet vanzelfsprekend; waterbeheer op perceelsniveau in regio's zonder wateraanvoer kan de ontwikkeling van zogenoemde zoetwaterlenzen bevorderen en daarmee zoute kwel bestrijden.

De 'zoutlast' is in deze studie gedefinieerd als de chlorideconcentratie van het grondwater aan de onderkant van de deklaag, vermenigvuldigd met het watervolume dat -per tijdseenheid- in verticale richting door de deklaag naar boven stroomt. Van deze zoutvracht (kg / ha.jaar) stroomt een deel naar het oppervlaktewater, een ander deel zal de wortelzone bereiken. De zoutvrachten zullen in deze zelfde gebieden toenemen door autonome processen; daar waar de chlorideconcentratie door autonome processen toeneemt. Zeespiegelstijging zal tot enkele kilometers vanaf de kust en de estuariene gebieden zorgen voor een verhoging van de stijghoogte waardoor de kwel zal toenemen en daarmee de zoutvracht. Meer dan 10-15 kilometer landinwaarts zal het effect van de zeespiegelstijging verdwenen zijn.

De intensiteit van zoute kwel -en de hiermee geassocieerde zoutlast- is sterk locatieafhankelijk, want gekoppeld aan (de variabiliteit van) abiotische gebiedskenmerken. De belangrijkste zijn: maaiveldhoogte, opbouw van het zogenoemde topsysteem (=de bovenste 20m van de bodem), de aanwezigheid, geometrie en diepte van ontwateringsmiddelen en grondwateronttrekkingen. Ook het regionale waterbeheer speelt een rol: wordt er bijvoorbeeld zoetwater aangevoerd van elders, bestemd voor beregening en peilhandhaving? Als dit het geval is, en de mogelijkheden tot zoetwateraanvoer in droge zomers zijn tijdelijk beperkt (kwantiteit, kwaliteit), dan kan verzilting minder gemakkelijk worden bestreden. De resolutie van de in deze scan gepresenteerde kaarten is niet toereikend om zoute kwel op locale schaal (beneden ca. 500×500m) nauwkeurig in kaart te brengen.

Hand-outs van de presentatie zoals gegeven door Gualbert Oude Essink (Deltares) tijdens de expertbijeenkomst op 22 januari zijn opgenomen in bijlage 7.

Effecten van externe verzilting treden met name op in de Rijkswateren in de Zuidwestelijke Delta. Door een stijgende zeespiegel en lagere rivierwaterafvoer kan de zouttong hier verder oprukken waardoor inlaatpunten verzilt kunnen raken. De effecten van klimaatverandering op de externe verzilting zijn hoogstwaarschijnlijk echter minder ingrijpend dan de op afzienbare termijn geplande rigoureuze menselijke ingrepen deze regio, te weten het Kierbesluit en een toekomstig zout Volkerak Zoommeer. Door deze ingrepen zal het waterbeheer in de Rijkswateren significante, structurele veranderingen ondergaan.

Meer informatie:
Deltares, *Verzilting van het Nederlandse grondwatersysteem*. Januari 2009
Rijkswaterstaat, *Klimaatverandering en verzilting.* Mei 2008

4.5 Kwetsbaarheid natuur

In de klimaatscan wordt voor de functies natuur onderscheid gemaakt in natte en droge natuur. Deze versimpelde indeling blijkt onvoldoende houvast te bieden om uitspraken te doen over de klimaatgevoeligheid van in een gebied aanwezige natuur. Aanvullend op de klimaatscan is daarom voor de provincie Drenthe een ruimtelijke analyse van de klimaatgevoeligheid per ecosysteem gemaakt. Voor deze analyse is gebruik gemaakt van de het onderzoekrapport “Risicoanalyse kwetsbaarheid natuur voor klimaatverandering” (Vos et al. 2007). Op basis van literatuurstudie en expert judgement is een overzicht gemaakt van de effecten op ecosystemen. De ecosystemen zijn ingedeeld in natuurdoelen en bestaat uit een cluster van natuurdoeltypen (Bal et al. 1995). Sommige natuurdoelen zijn opgesplitst wanneer de gevoeligheid van klimaatverandering binnen het doeltype ongelijk is verdeeld. Het rapport maakt onderscheid tussen veranderingen in abiotische condities en het voorkómen van knelpunten in de ruimtelijke samenhang.
De effecten van klimaatverandering die een relatief grote invloed hebben op het functioneren van de ecosystemen zijn:

– stijging van de gemiddelde temperatuur;
– gemiddeld minder neerslag in de zomer;
– zeespiegelstijging;
– toename van de overstromingsfrequentie;
– toenemen van fluctuaties van waterstanden en chloridegehaltes.

Inzicht in knelpunten in de ruimtelijke samenhang is van belang omdat versnippering van leefgebieden de gevoeligheid van soorten voor effecten van klimaatverandering versterkt: een kleiner leefgebied verkleint de kans op overleven bij het optreden van extremen. Daarnaast verloopt het herstel van populaties na een verstoring als gevolg van weersextremen in versnipperde gebieden veel trager. Herhaald optreden van weersextremen, wat klimaatmodellen voorspellen, vergroot de kans op uitsterven van soorten en daarmee op afname van biodiversiteit in de versnipperde natuurgebieden.

De onderscheiden ecosystemen zijn voor beide indicatoren (abiotische condities en ruimtelijke samenhang) onderverdeeld in drie klassen, en op kaart weergegeven. De klassen zijn:

– kwetsbaar - de meest gevoelige ecosystemen;
– gevoelig - niet kwetsbaar, maar zeker niet ongevoelig;
– niet of nauwelijks gevoelig.

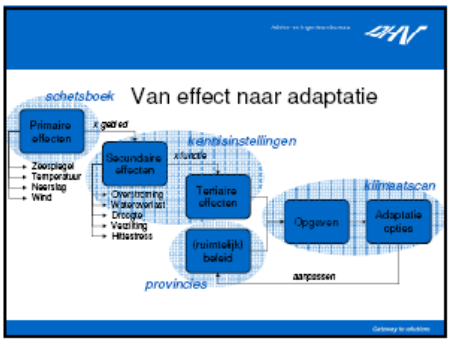
Aanbeveling: Parallel aan de expertsessie Klimaatscan zijn ook de effecten van klimaatverandering op natuur verder onderzocht in een expertsessie. In deze expertsessie zijn voor een aantal natura 2000 gebieden de effecten van klimaatverandering meer gebiedspecifiek in beeld gebracht. Hierbij is gebruik gemaakt van de studie "Ecohydrologische effecten van klimaatverandering op de vegetatie van Nederland". De studie richt zich op de vegetatiekundige component van die natuurdoelen die via wijzigingen in de waterhuishouding door klimaatverandering kan worden beïnvloed. Ieder natuurdoeltype is gerelateerd aan hydrologische grootheden als de grondwaterstand, het vochttekort en het percentage systeemvreemd water. Per type is onderzocht welke verschuivingen er in deze grootheden optreden wanneer het klimaat verandert. Hiermee wordt een meer gedetailleerd inzicht gegeven in de veranderingen van de abiotische condities. Aanbevolen wordt deze methode in de toekomst als onderdeel van de klimaatscan voor de functie natuur verder uit te werken. .

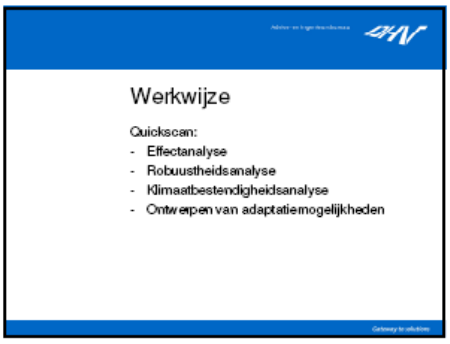
Meer informatie:
Vos, C.C., et al. *Risicoanalyse kwetsbaarheid natuur voor klimaatverandering*. Alterra, Wageningen, 2007.
Witte, J.P.M., J. Runhaar & R. van Ek. *Ecohydrologische effecten van klimaatverandering op de vegetatie van Nederland.* KWR, 2009.

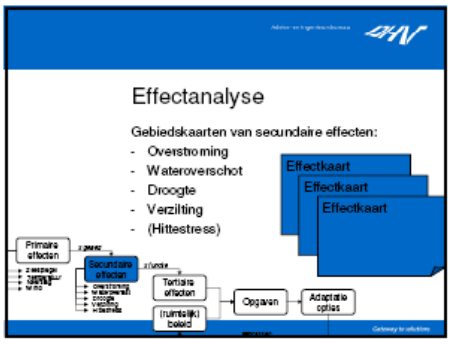
4.6 Conclusies en aanbevelingen effectdata

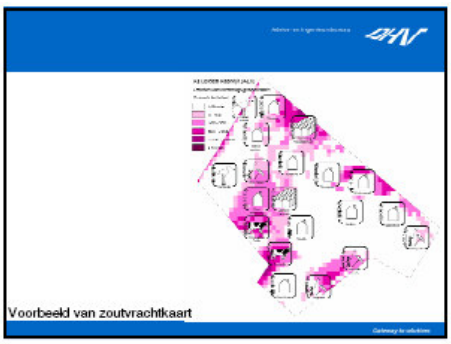
Door toepassing van de reeds beschikbare secundaire effectdata in de klimaatscan is aan het licht gekomen welke data nog ontbreken voor een goed inzicht in de klimaatopgaven. Bij de beschrijving van de verschillende effectdata zijn daarom verschillende aanbevelingen voor het vervolg gedaan. De aanbevelingen zijn herkenbaar door de *cursieve weergave.* De aanbevelingen kunnen gebruikt worden bij het verder optimaliseren van de scan en de effectdata. Daarna vormen ze belangrijkste noties die meegenomen moeten worden bij de beleidsmatige interpretatie van de analysekaarten.

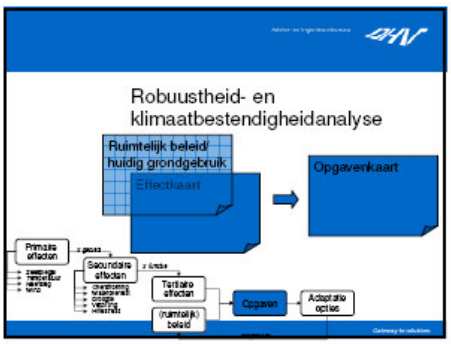
BIJLAGE 1 Introductie Klimaatscan Structuurvisie

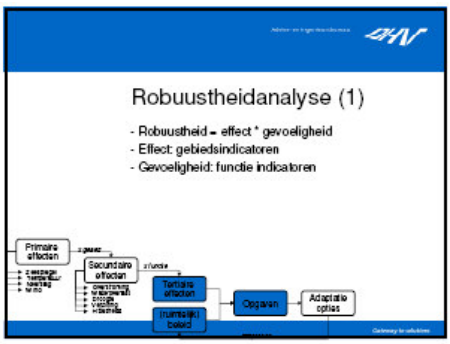


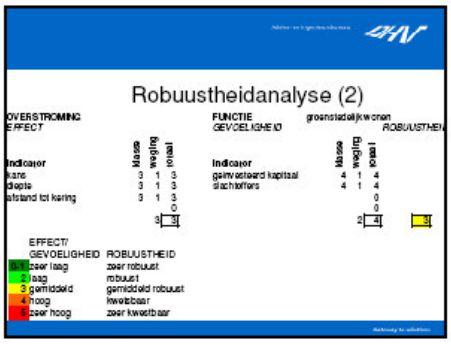


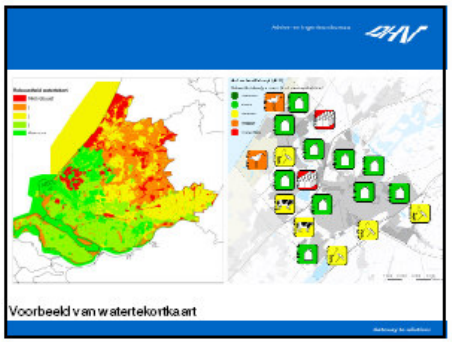






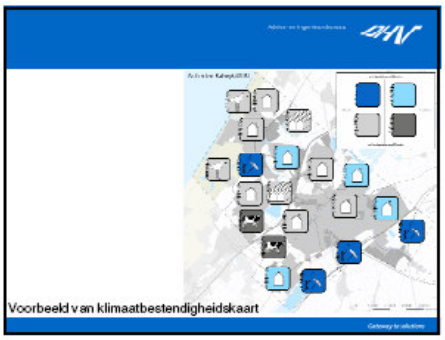


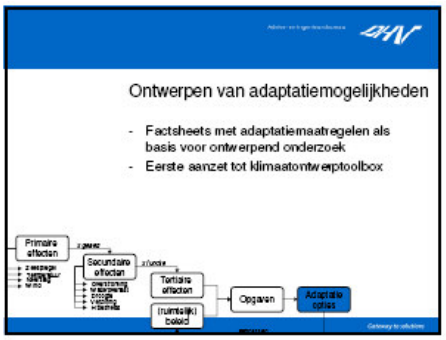


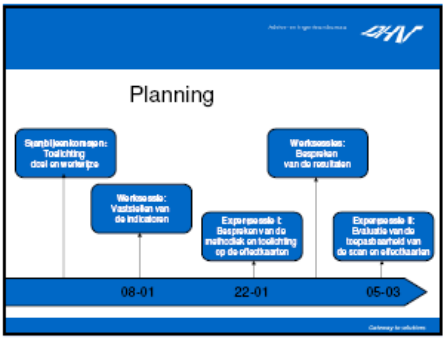


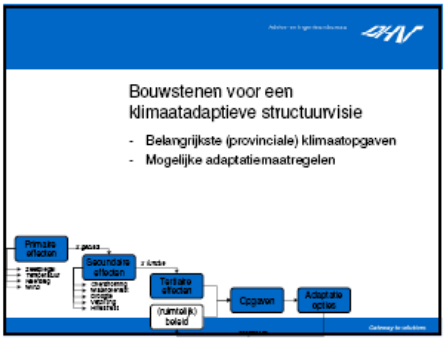
Error! Reference source not found.

Error! Reference source not found.









Error! Reference source not found.

Error! Reference source not found.

Error! Reference source not found.

Error! Reference source not found.

BIJLAGE 2 Deelnemerslijst

Leerervaringen provincie Groningen - 6 november 2008
Rob Roggema – provincie Groningen
Monique de Groot – DHV

Leerervaringen provincie Zuid-Holland - 12 en 21 november 2008
Dick van den Bergh –provincie Zuid-Holland
Hanneke van Nistelrooij –provincie Zuid-Holland
Martijn Gerritsen –provincie Zuid-Holland
Roos Berendsen –provincie Zuid-Holland
Willem Loonen – Geodan Next
Monique de Groot – DHV

Starbijeenkomst provincie Utrecht – 11 november 2008
Gerda Zijm – provincie Utrecht
Monique de Groot – DHV

Startbijeenkomst provincie Drenthe – 17 november 2008
Brenda Vrieling – provincie Drenthe
Monique de Groot – DHV

Startbijeenkomst provincie Gelderland – 1 december 2008
Reinier Zweers – provincie Gelderland
Gerard Slag – Provincie Gelderland
Monique de Groot – DHV

Werksessie deelnemende provincies - 15 januari 2009
Willem Huizing – provincie Drenthe
Reinier Zweers – provincie Gelderland
Gerda Zijm – provincie Utrecht
Willem Loonen – Geodan Next
Jessica Reurich – DHV
Monique de Groot – DHV

1e expertbijeenkomst – 22 januari 2009
Florrie de Pater - Klimaat voor Ruimte
Marleen Bootsma - Provincie Noord-Brabant
Hilde Westera - Waterdienst
Esther van Baaren - Deltares
Gualbert Oude Essink - Deltares
Greet Blom - Alterra, Plantresearch Int.
Jeanette Bessembinder - KNMI
Geert-Jan ten Napel - Provincie Flevoland
Reina Groen - Provincie Flevoland
Hans de Moel - Vrije Universiteit Amsterdam / Instituut voor Milieuvraagstukken
Roos Berendsen - Provincie Zuid-Holland
Martijn Gerretsen - Provincie Zuid-Holland

Erik Blom - Provincie Drenthe
Dick van den Bergh - Provincie Zuid-Holland
Peter Droogers - Future Water
Willem Loonen – Geodan Next
Harry Massop - Alterra
Rob Roggema - Provincie Groningen
Gerda Zijm - Provincie Utrecht
Marjan den Braber - DHV
Monique de Groot - DHV
Jessica Reurich - DHV

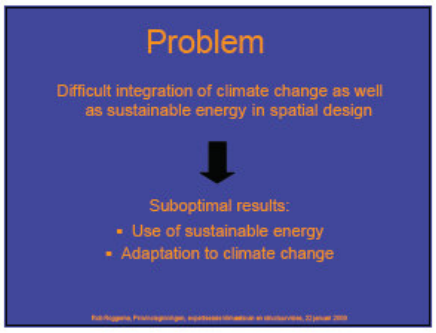
Werkbijeenkomst provincie Drenthe – 23 februari 2009
Brenda Vrieling – provincie Drenthe
Erik Blom - Provincie Drenthe
Leo de Vree - Provincie Drenthe
Hasse Goosen - Alterra
Monique de Groot - DHV

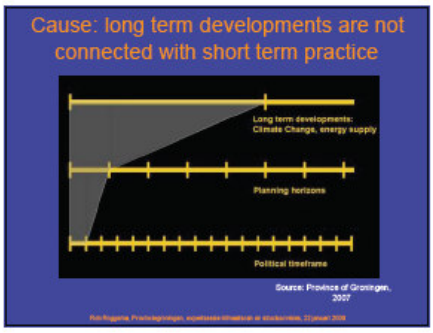
Werkbijeenkomst provincie Utrecht - 26 februari 2009
Gerda Zijm - Provincie Utrecht
Stef Roel - Provincie Utrecht
Conny Raaymakers - Provincie Utrecht
Hasse Goosen - Alterra
Monique de Groot - DHV

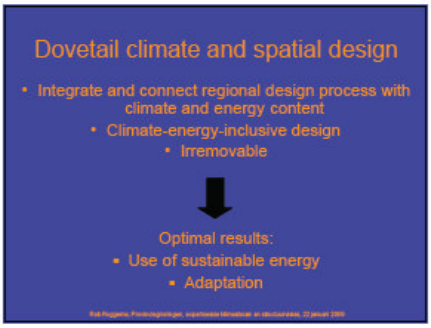
Werkbijeenkomst provincie Gelderland – 11 maart 2009
Britta Verboom - provincie Gelderland
Reinier Zweers - provincie Gelderland
Femke Veldhuizen - provincie Gelderland
Rob Dix - provincie Gelderland
Hasse Goosen - Alterra
Monique de Groot - DHV

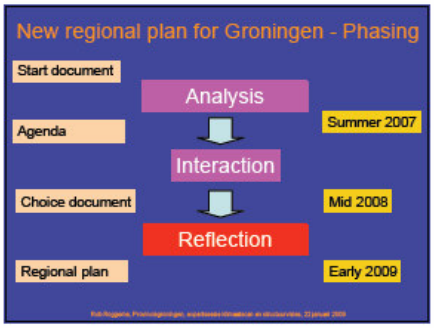
2e expertbijeenkomst – 5 maart 2009
Britta Verboom - provincie Gelderland
Femke Veldhuizen - provincie Gelderland
Erik Blom - Provincie Drenthe
Leo de Vree - Provincie Drenthe
Gerda Zijm - Provincie Utrecht
Conny Raaymakers - Provincie Utrecht
Florrie de Pater - Klimaat voor Ruimte
Hilde Westera - Waterdienst
Lodewijk Stuyt – Alterra
Jacco van der Gaast - Alterra
Willem Loonen – Geodan Next
Martijn Gerretsen - Provincie Zuid-Holland
Hasse Goosen - Alterra
Monique de Groot - DHV

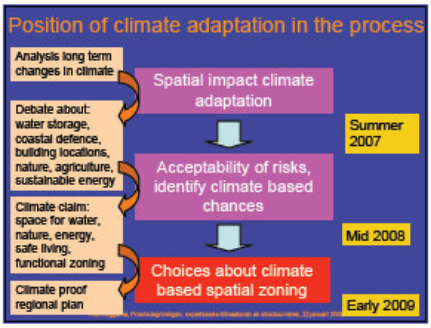
BIJLAGE 3 POP Groningen

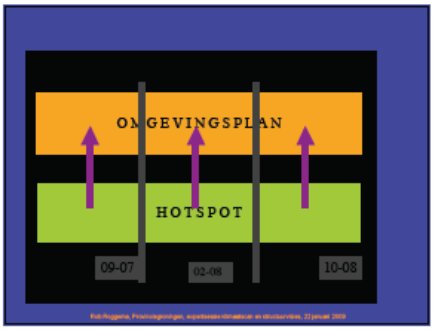


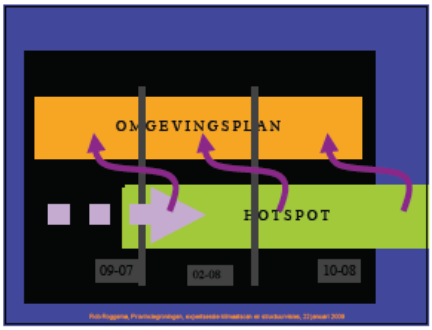


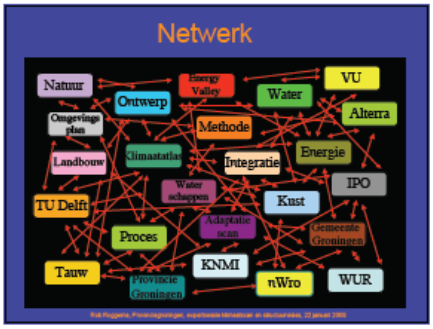


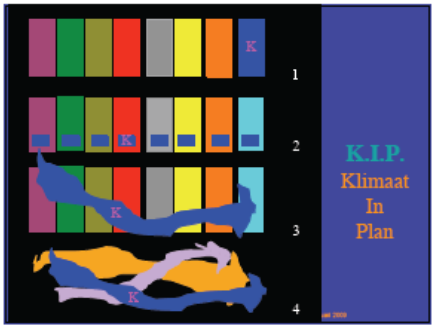


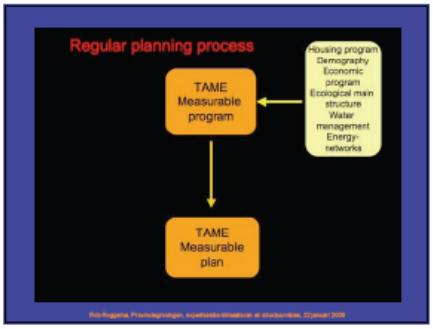






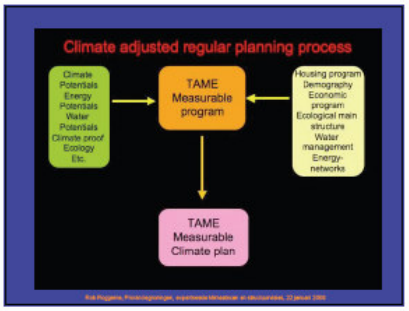


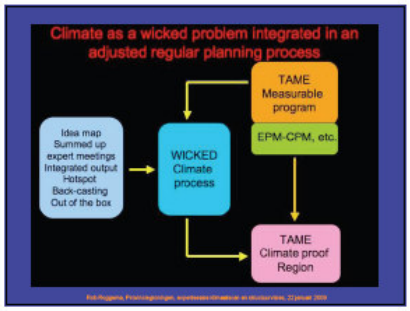


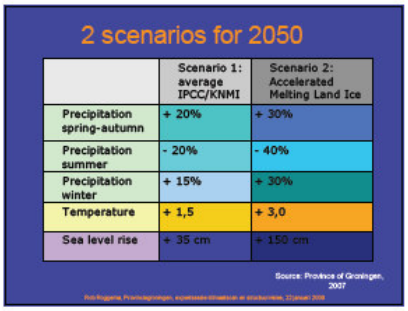


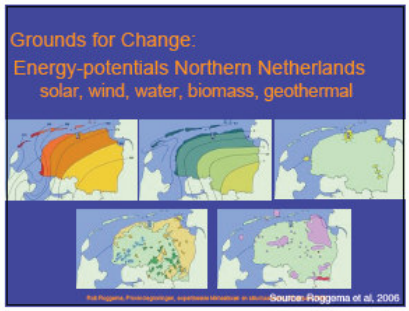
Error! Reference source not found.

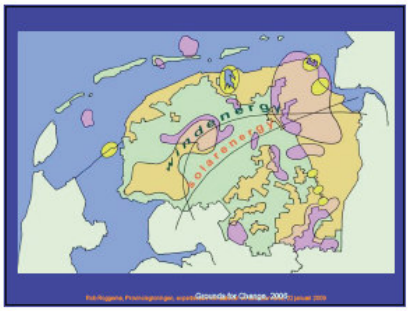
Error! Reference source not found.

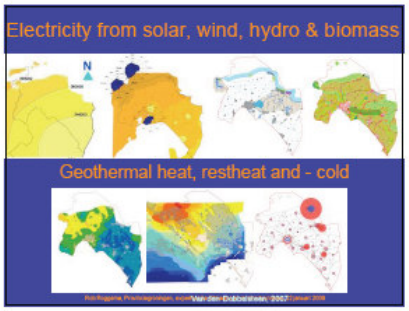


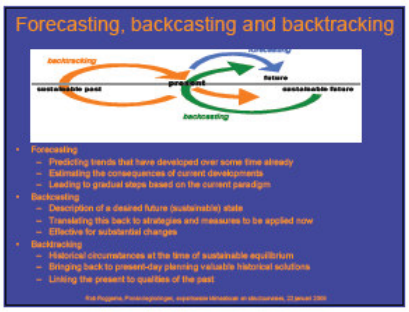


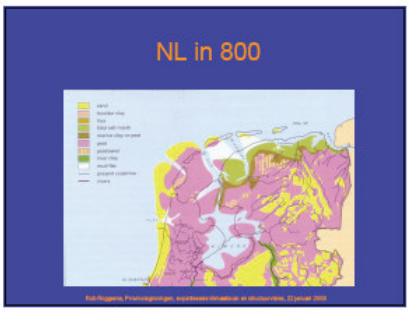


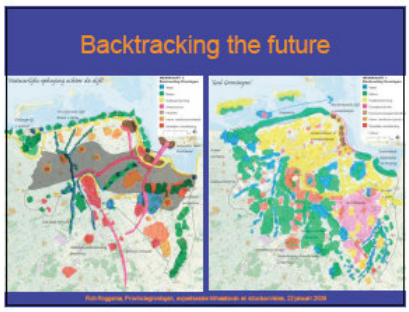


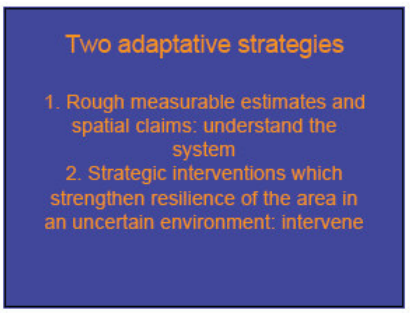


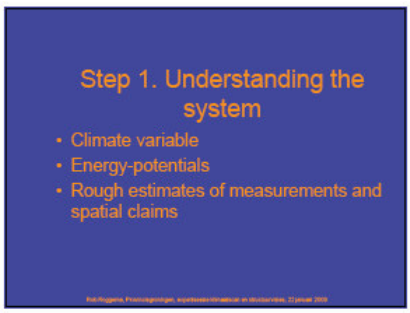


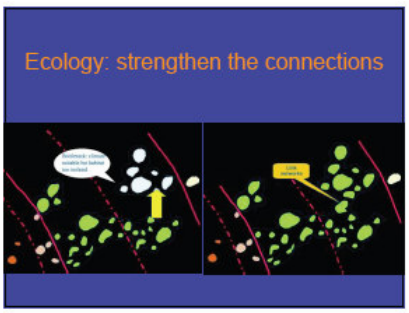






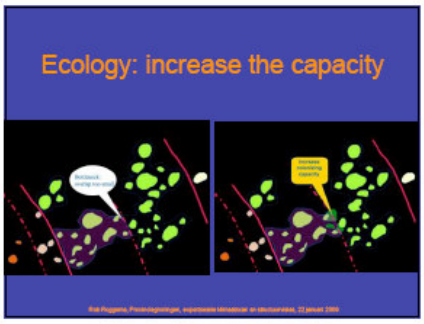


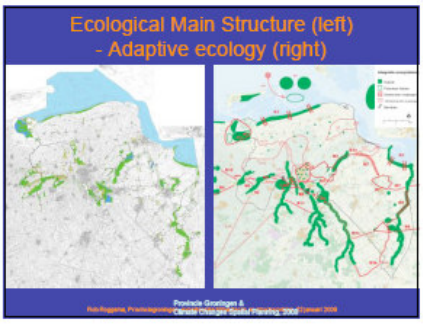


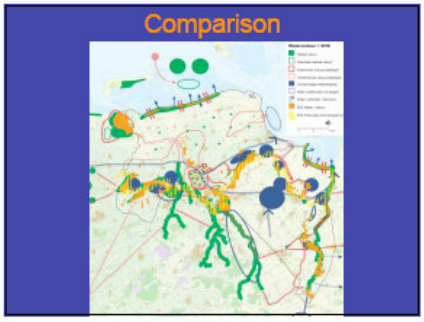


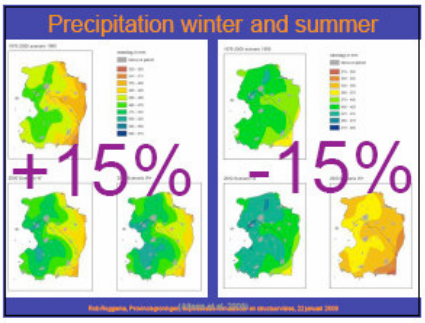
Error! Reference source not found.

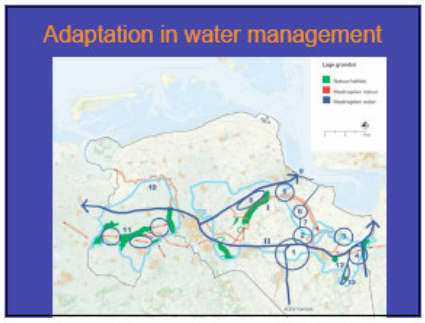
Error! Reference source not found.

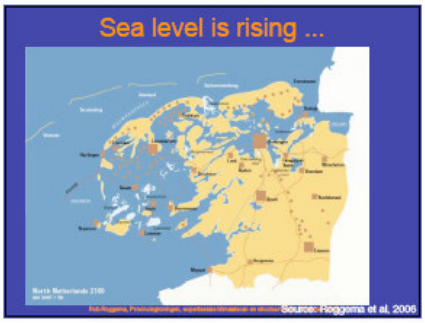


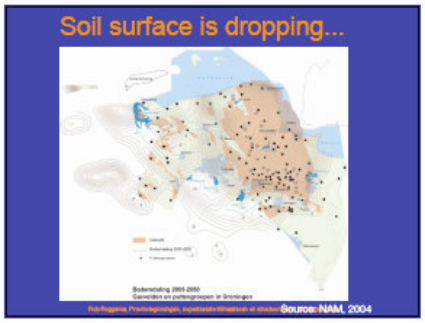






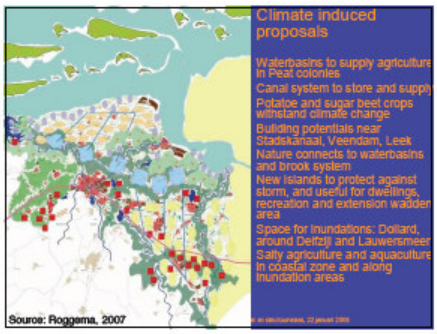


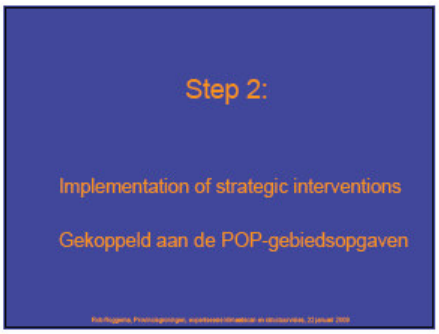


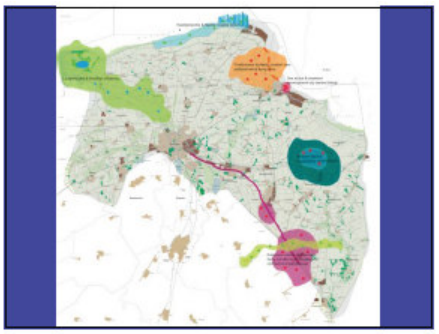


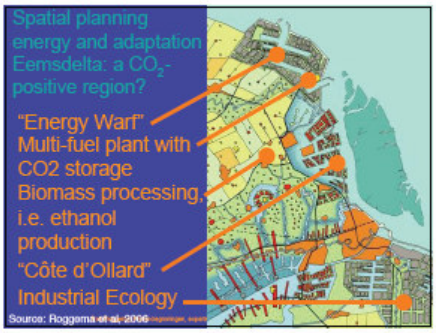
Error! Reference source not found.

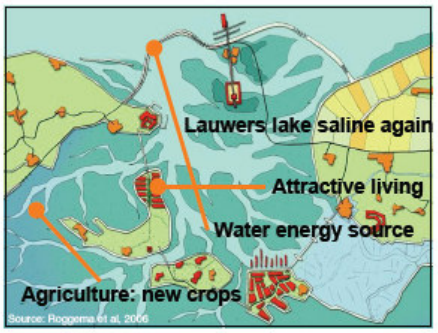
Error! Reference source not found.

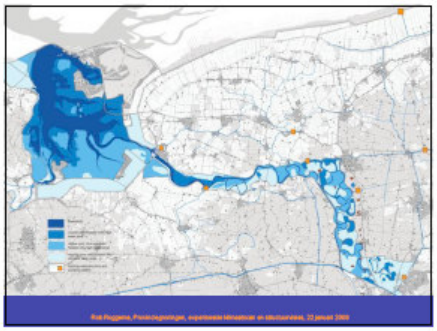












Adaptation is necessary

- Wicked bypass and measurable claims are both required to develop a climate proof region
- Understand the regional spatial claims
- Increase resilience by taking measures, which are inescapable in the second half of this century, now
- Strategic interventions can start these processes
- Space and flexibility is required

Impact of climate change on the spatial lay out

Necessary:
- Space to store water
- Space for the coast
- Space for nature

Less space available for (and these functions want to expand also!):
- Agriculture
- Urban functions

Therefore:
Create new space!

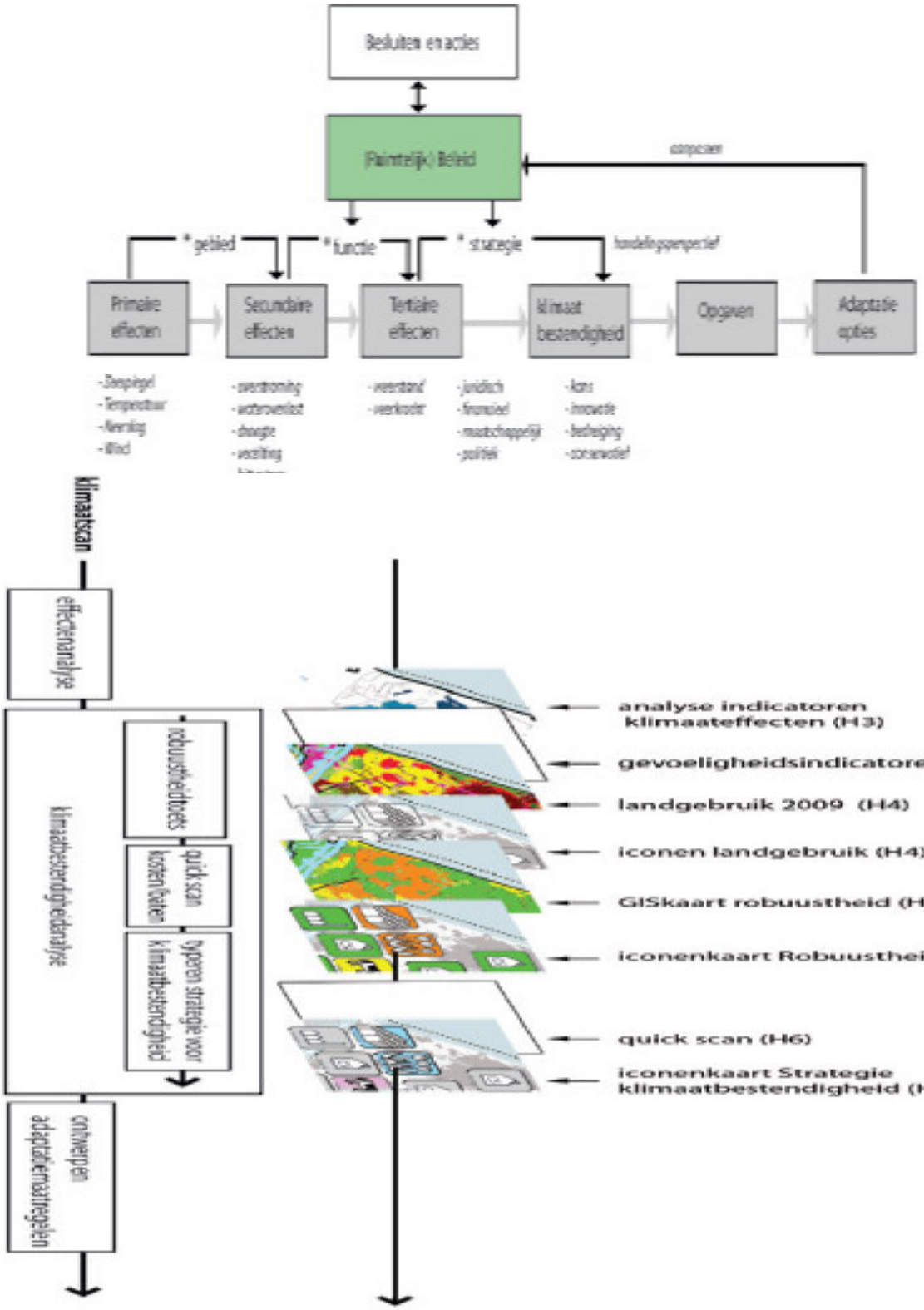
Conclusies

- Ruim voldoende informatie en kennis beschikbaar & bereikbaar
- Ontwerpgerichte aanpak (bovenop de kennis van effecten)
- Niet alleen op interne proces richten
- Alternatieve inrichting planproces wenselijk
- Bestuurlijke context, wisselend
- Timing, start een half jaar eerder

Error! Reference source not found.

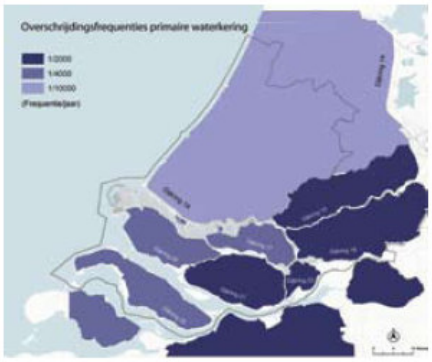
Error! Reference source not found.

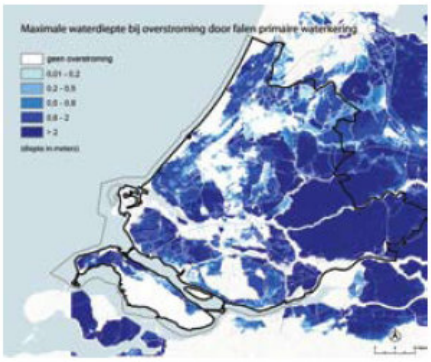
BIJLAGE 4 PSV Zuid-Holland

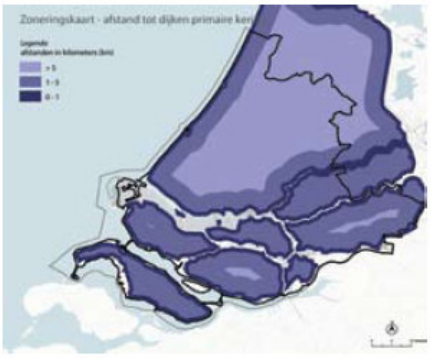


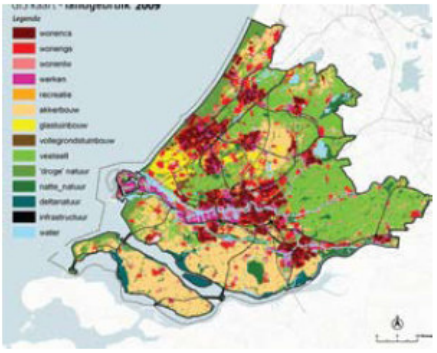
Error! Reference source not found.

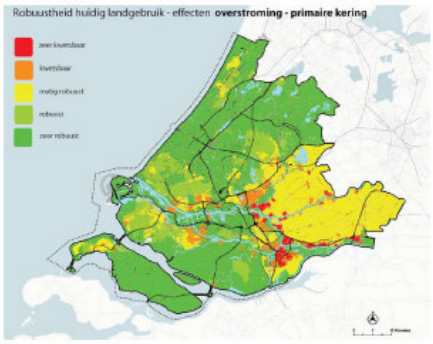
Error! Reference source not found.

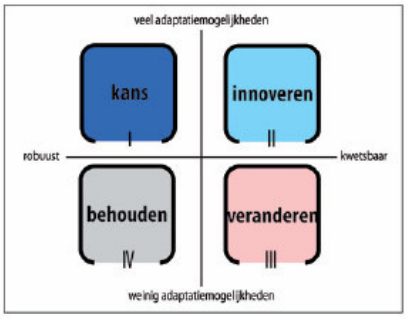












Error! Reference source not found.

Error! Reference source not found.

BIJLAGE 5 Gebruik klimaatscenario's

Hoe kunnen KLIMAATSCENARIO'S gebruikt worden?

Janette Bessembinder

Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut

Wat zijn klimaatscenario's?

volgens KNMI-definitie

Consistente beelden van een mogelijk toekomstig klimaat.

Ze geven aan hoe groot de veranderingen kunnen zijn voor o.a. temperatuur, neerslag, verdamping, wind en zeespiegel

Mogelijke toekomstbeelden t.b.v. aanpassingen in:
waterbeheer, kustverdediging, landbouw, energie, ecologie, natuurbeheer, sport en toerisme, etc.

Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut

Gebruik term "klimaatscenario"

- Projectie voor verandering in 1 klimaatvariabele
- Voor een individuele run van een klimaatmodel voor de toekomst
- Samengesteld klimaatscenario op basis van meerdere modellen

Deltacommissie ⟷ KNMI'06

Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut

Ruimtelijke schaal?

- KNMI'06 gelding voor Nederland en omgeving, maar niet voor heel Europa
- Voor sommige beleidsterreinen internationale afstemming nodig: extreme rivierafvoeren, kustverdediging, instandhouding natuur, etc.

Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut

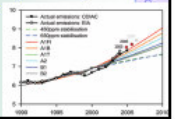
Impact- en adaptatieonderzoek

- In kaart brengen **range aan mogelijke impacts**: doorwerking onzekerheid klimaatverandering op impacts » gebruik alle KNMI'06 klimaatscenario's
- In kaart brengen **effectiviteit adaptatiemaatregelen** » gebruik alle KNMI'06 klimaatscenario's
- In kaart brengen **robuustheid adaptatiemaatregelen** » gebruik alle KNMI'06 klimaatscenario's

Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut

Beleid en strategie

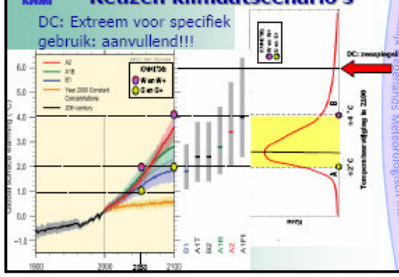
- Wat is maatschappelijk gezien mogelijk?
- Kosten adaptatie- en/of mitigatiemaatregelen
- Mogelijkheden om later het beleid bij te stellen bij een "verkeerde keuze"
- Grootte evt. vergeefs gemaakte kosten
- Snelheid waarmee aanpassingsmaatregelen uitgevoerd kunnen worden
- Aannames over sociaal-economische scenario's



Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut

Keuzen klimaatscenario's

DC: Extreem voor specifiek gebruik: aanvullend!!!



Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut

Verschillen DC en KNMI'06

zeespiegel

Deltacommissie "scenario"	KNMI'06 scenario's
'Plausibele bovengrens' van de mogelijkheden	Bandbreedte van meest waarschijnlijke uitkomsten
Specifiek voor het doel van deze commissie: lange termijn veiligheid tegen overstromingen	Algemeen voor iedereen: brede range van toepassingen
Gericht op 2100 en daarna	Gericht op 2050 en 2100
Uitgegaan van IPCC 'likely' bovengrens voor wereldtemperatuurstijging (+6°C in 2100 t.o.v. 1990)	Uitgegaan van IPCC 'best estimates' voor wereldtemperatuurstijging (+2°C of +4° in 2100 t.o.v. 1990)
Extreme extrapolatie onzekerheden ijskapdynamica	Minder extreme extrapolatie onzekerheden ijskapdynamica

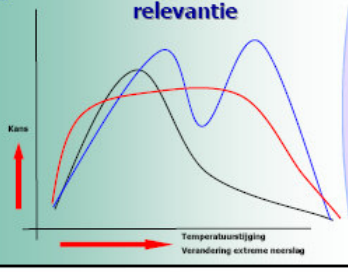
Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut

Gebruik klimaatscenario's

- Richtlijnen voor set van generieke klimaatscenario's
- Welk scenario en welke tijdshorizon zijn het meest relevant?
- Voor welk doel worden de scenario's gebruikt?
  - Inventarisatie impacts
  - Inventarisatie adaptatie-mogelijkheden
  - Beleid

Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut

Waarschijnlijkheid en relevantie



Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut

Welke klimaatscenario meest relevant?

- **Steden**: wateroverlast m.n. door hevige buien. **W-scenario** grootste toename van de extreme zomerbuien;
- **Landbouw**: beschikbaarheid water in groeiseizoen. In het **W+-scenario** grootste afname zomerneerslag en waterbehoefte grootst;
- **Gasproductie**: leveringszekerheid bij extreme winterkou. **G-scenario** stijgt wintertemperatuur minst

Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut

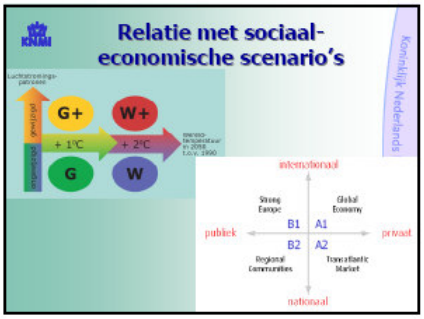
Welke tijdshorizon meest relevant?

- **Riolering** aangelegd voor 40-80 jaar: moeten gedurende levensduur goed functioneren. Tijdshorizon: **2050-2100**
- **Installaties petroleumindustrie**: economische afschrijvingsduur 20 jaar. Tijdshorizon: **2030** (of 2050 voor totale levensduur)

Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut

Error! Reference source not found.

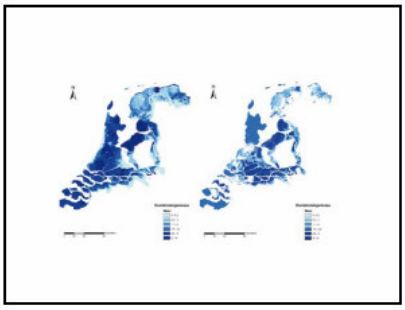
Error! Reference source not found.

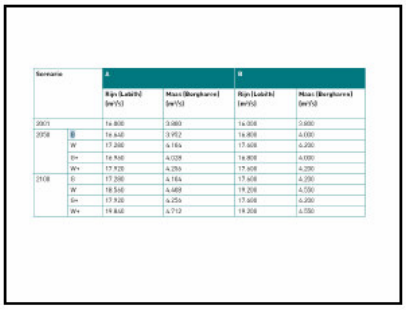


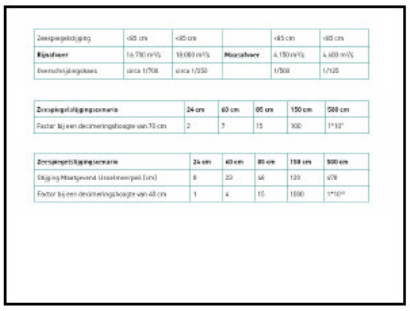
Error! Reference source not found.

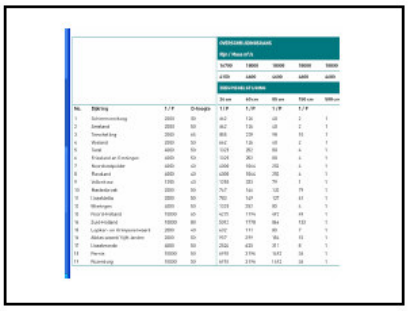
Error! Reference source not found.

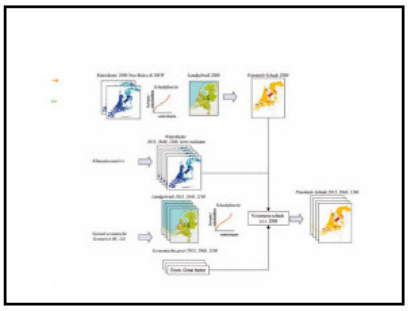
BIJLAGE 6 Effecten van overstroming

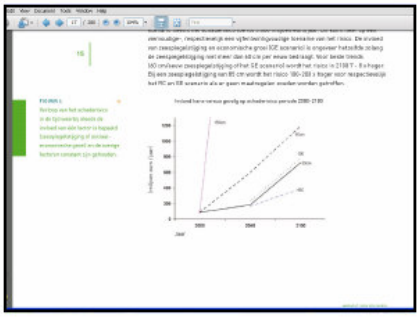










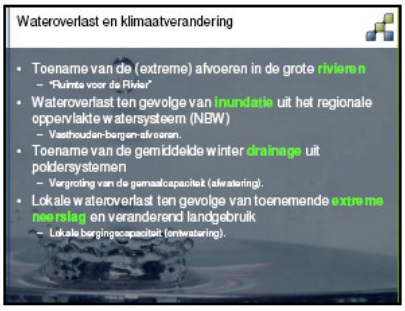


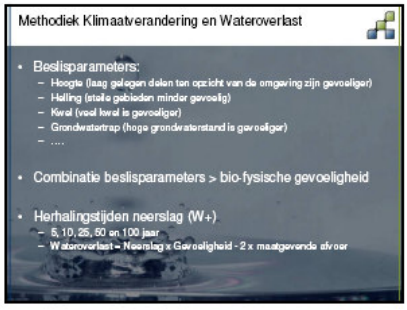
• Aandacht voor veiligheid (AvV):
www.adaptation.nl / http://ivm5.ivm.vu.nl/adaptation/files/File/Aandacht%20voor%20Veiligheid.pdf
• NL Later: http://www.pbl.nl/nl/publicaties/mnp/2007/Duurzaamheidsverkenning2Nederlandlater
•html / http://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/500127001.pdf
• Veiligheid Nederland in Kaart (VNK):
http://www.helpdeskwater.nl/projectvnk/ (zie frame links voor o.a. publicaties e.d.)

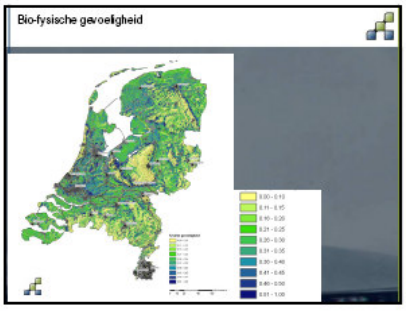
Error! Reference source not found.

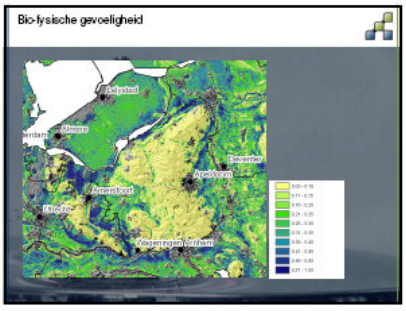
Error! Reference source not found.

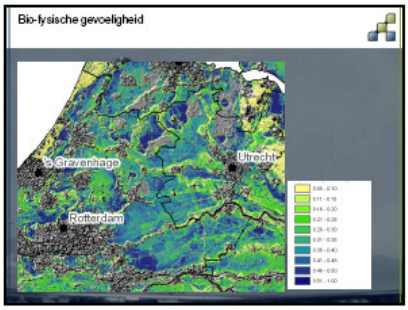
BIJLAGE 7 Effecten van wateroverlast

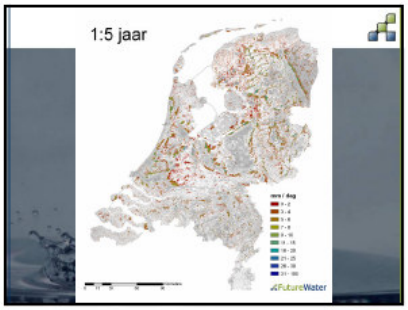


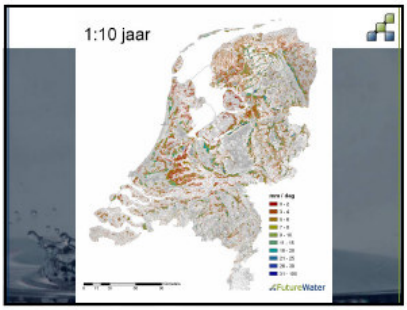


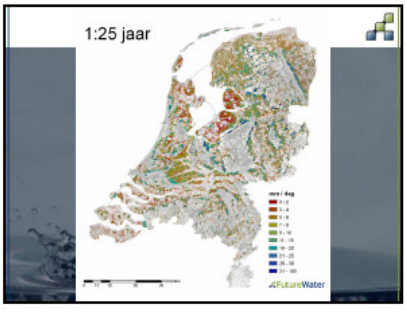


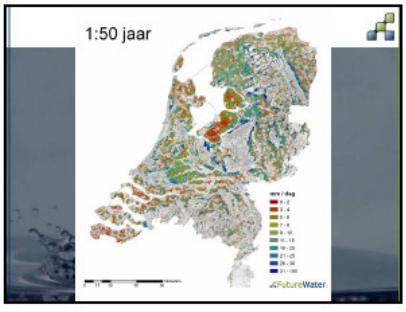


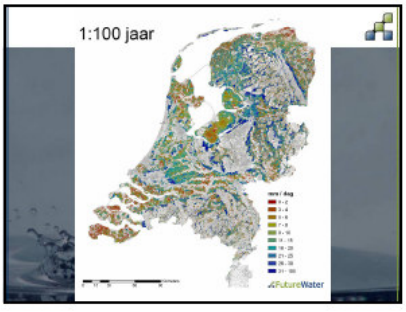






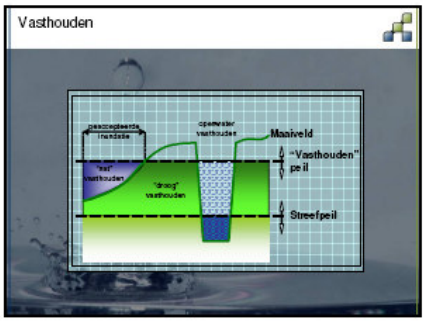


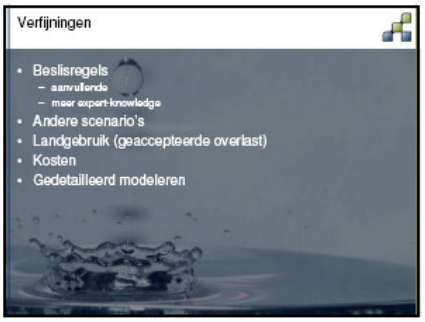


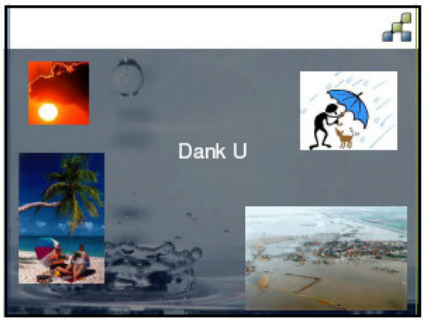


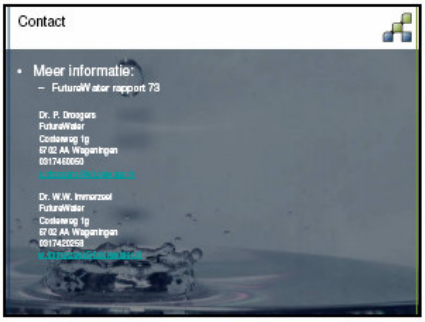
Error! Reference source not found.

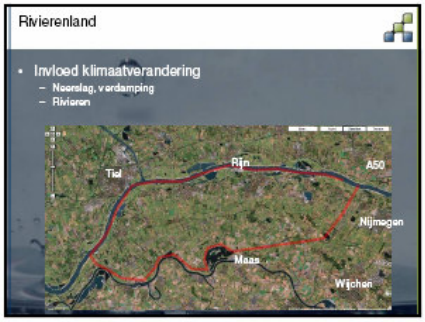
Error! Reference source not found.

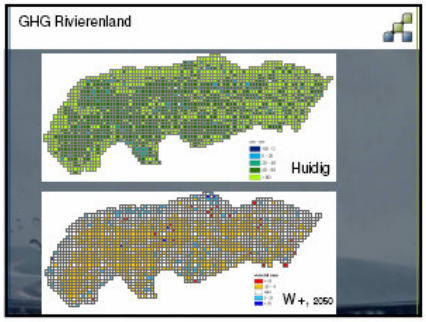








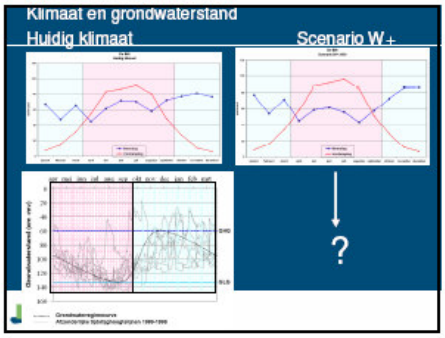


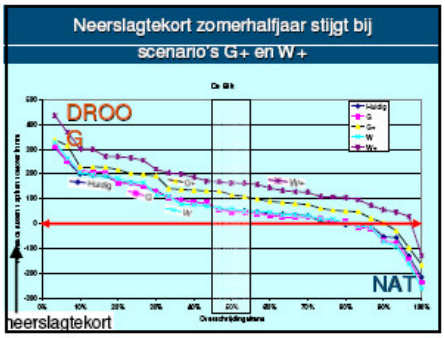


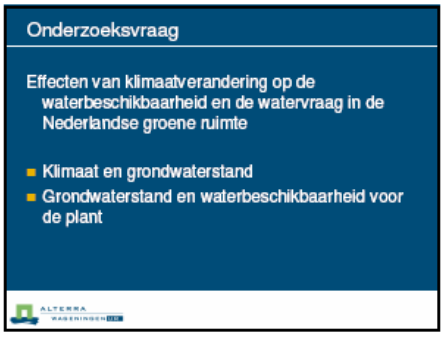
Error! Reference source not found.

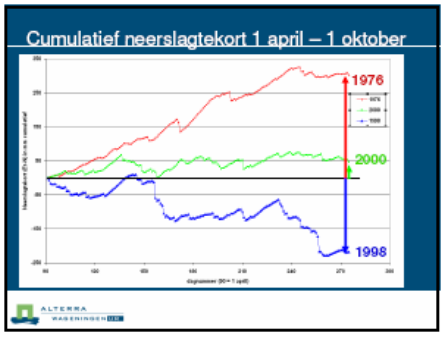
Error! Reference source not found.

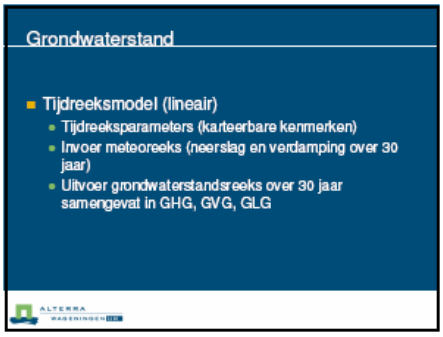
BIJLAGE 8 Effecten van watertekort

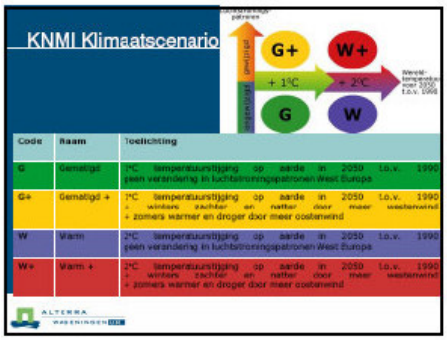


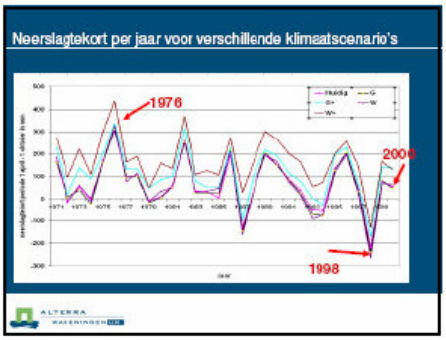


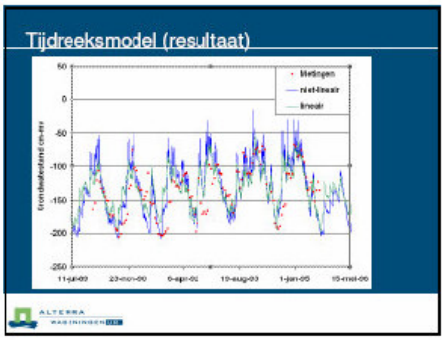


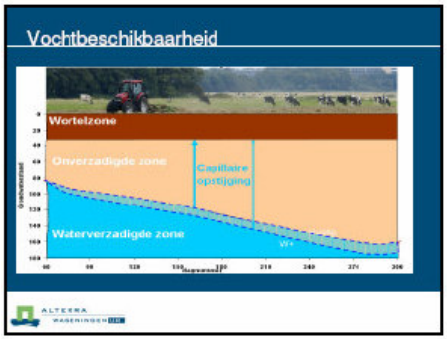


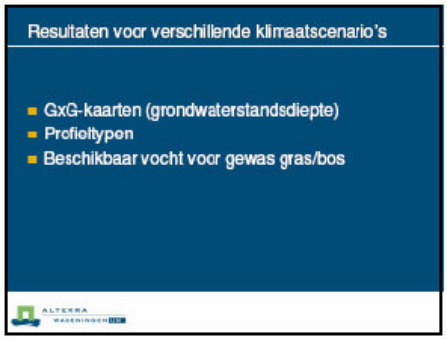








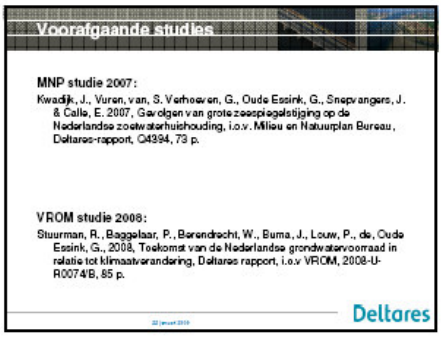


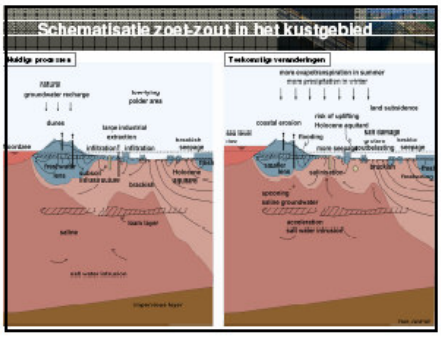


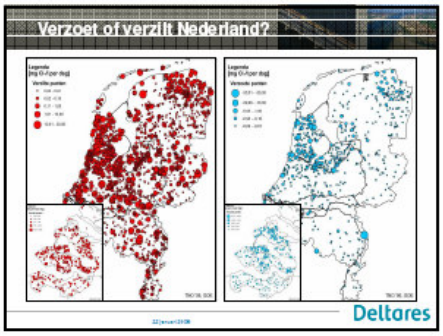
Error! Reference source not found.

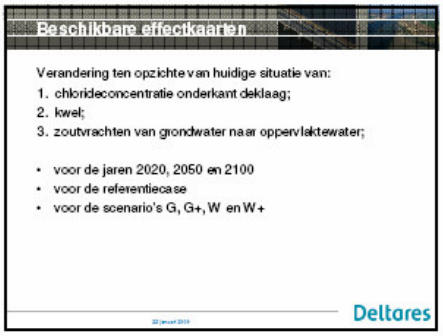
Error! Reference source not found.

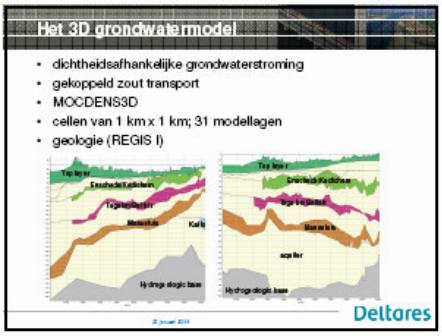
BIJLAGE 9 Effecten van verzilting

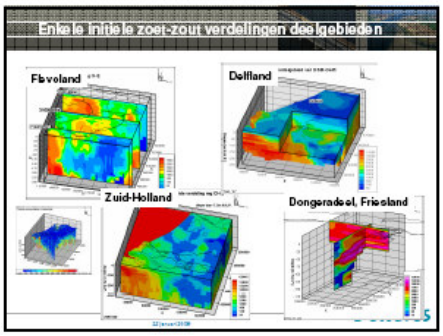


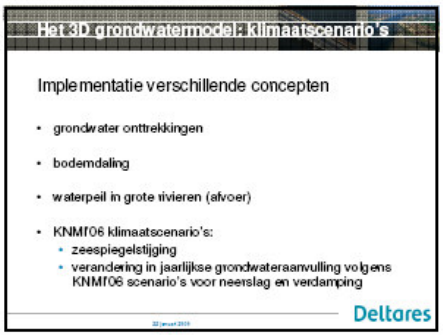


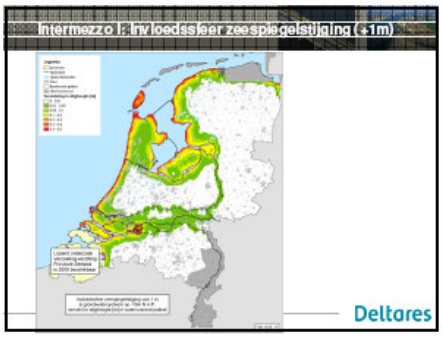


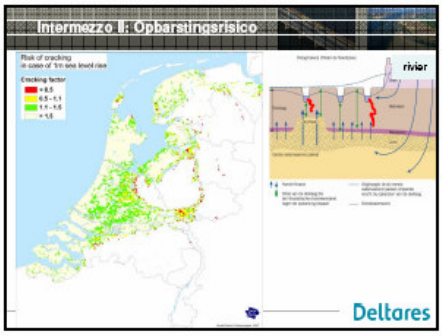


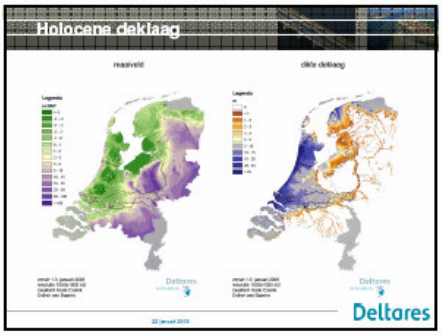


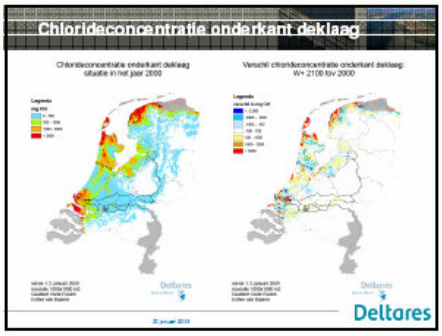








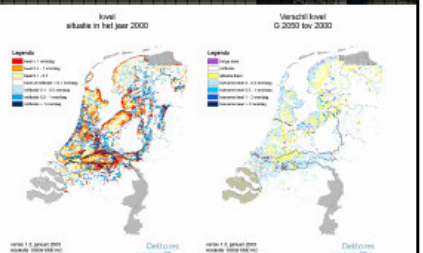




Error! Reference source not found.

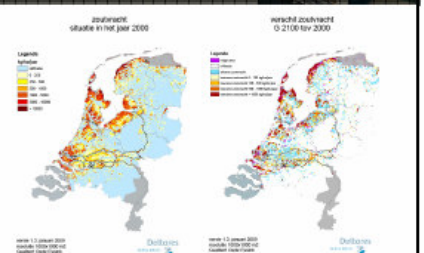
Error! Reference source not found.

Kwel



Deltares

Zoutvrachten van grondwater naar oppervlaktewater



Deltares

Toekomstige activiteiten

Nationale schaal

- naar resolutie 250m x 250m
- verbetering initieel 3D chloride concentratie veld
- verbetering grondwateraanvulling (seizoen of maand: i.s.m. KNMI)
- verbetering geologie topsysteem
- koppeling grondwater-oppervlaktewater zoet-zout
- ijking stijghoogte en zoutvrachten deelgebieden
- neerschaling landelijk->regionaal->lokaal (regenwaterlens, wortelzone)

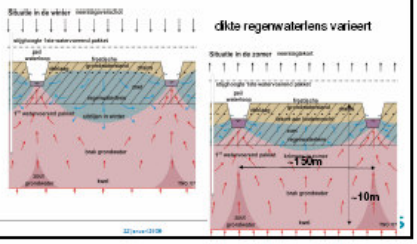
Enkele toepassingen (na eind 2009):

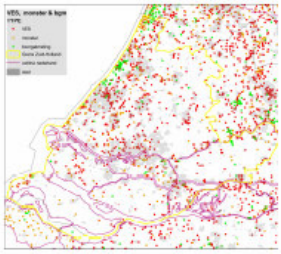
- Nationaal Hydrologisch Instrumentarium: NHI zoetzout (www.nhi.nu)
- zoetwatervoorziening (Deltacie, IJsselmeer, Nat. Waterplan, CliWat)
- landbouw (koppeling zoutschade, effectmodule)
- natuurgebieden (Natura2000)

Deltares

Verzilting van freatisch grondwater (in Zeeland)

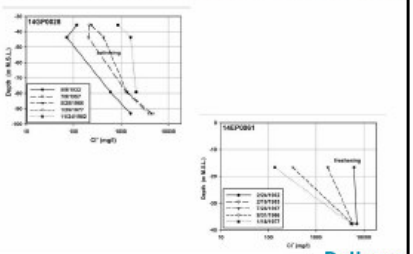
Dynamische regenwaterlenzen, drijvend op brak-zout grondwater





Deltares

Verzilting en verzoeting Wieringermeer



Deltares

Error! Reference source not found.

Error! Reference source not found.

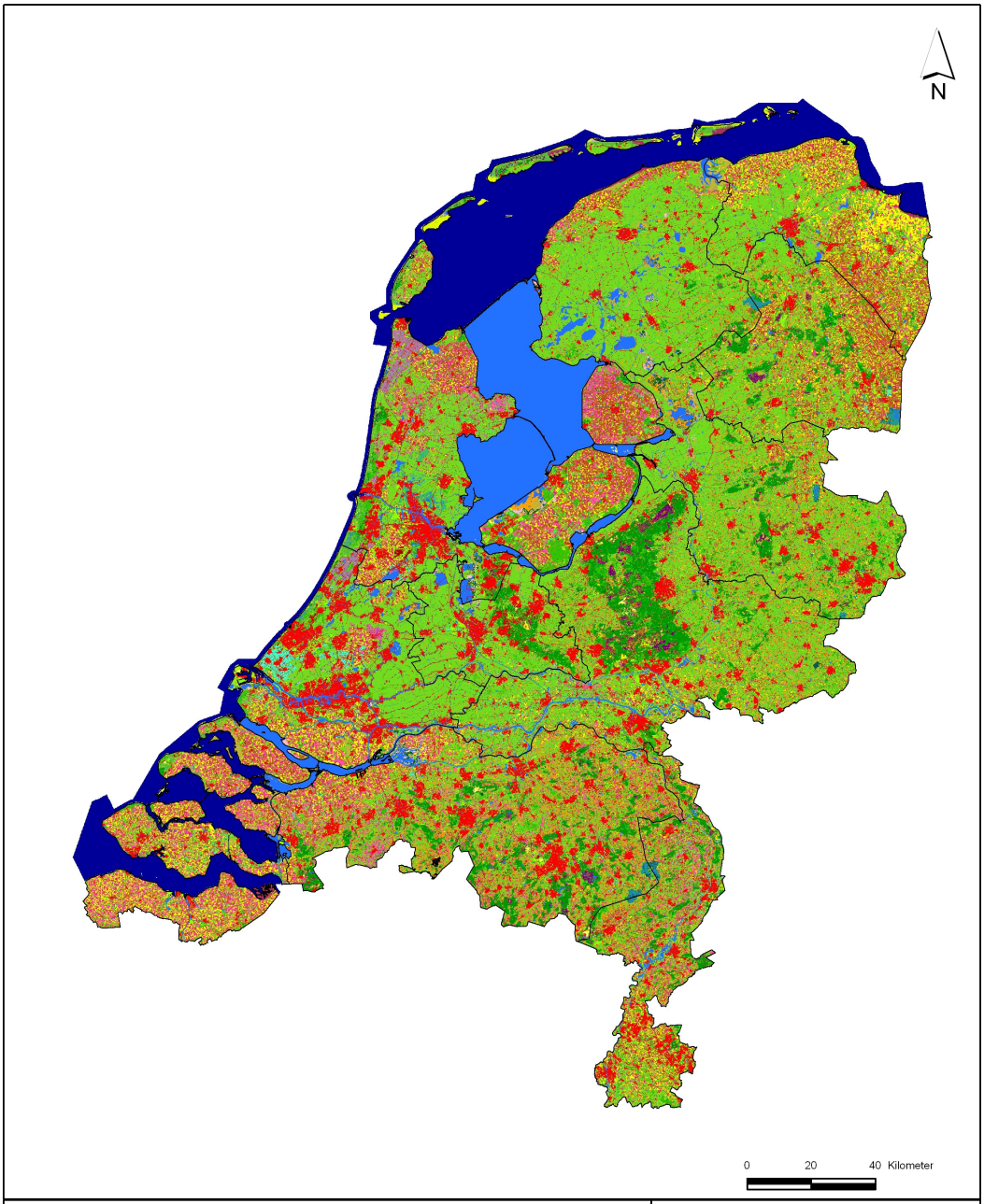
BIJLAGE 10 Effect- en gevoeligheidskaarten

Huidig landgebruik
0.0 LGN 5

Effecten van overstroming
1.0 Robuustheid overstroming
1.1 Effect obv overschrijdingskans
1.2 Effect obv overstromingsdiepte
1.3 Effect obv afstand tot de kering
1.4 Gevoeligheid obv bevolkingsdichtheid
1.5 Gevoeligheid obv geïnvesteerd kapitaal

Effecten van wateroverlast
2.0 Robuustheid wateroverschot
2.1 Effect op basis van inundatiediepte
2.2 Effect op basis van overschrijdingskans
2.3 Gevoeligheid obv economische waarde

Effecten van watertekort
3.0 Robuustheid watertekort
3.1 Effect obv vochttekort in de bodem
3.2 Effect obv wateraanvoermogelijkheden
3.3 Gevoeligheid obv droogtegevoeligheid
3.4 Gevoeligheid obv waterkwaliteitseisen



Landgebruikerskaart (LGN5)

- gras
- mais
- aardappelen
- bieten
- granen
- overige landbouwgewassen
- glastuinbouw
- boomgaard
- bollen
- loofbos
- naaldbos
- zoet water
- zout water
- stedelijk bebouwd gebied
- bebouwing in buitengebied
- loofbos in bebouwd gebied
- naaldbos in bebouwd gebied
- bos met dichte bebouwing
- gras in bebouwd gebied
- kale grond in bebouwd buitengebied
- hoofdwegen en spoorwegen
- bebouwing in agrarisch gebied
- Kwelders
- Open zand in kustgebied
- Open duinvegetatie
- Gesloten duinvegetatie
- Duinheide
- Open stuifzand
- Heide
- Matig vergraste heide
- Sterk vergraste heide
- Hoogveen
- Bos in hoogveengebied
- Overige moerasvegetatie
- Rietvegetatie
- Bos in moerasgebied
- Veenweidegebied
- Overig open begroeid natuurgebied
- Kale grond in natuurgebied

Projectnaam: Klimaatscan
Projectnummer: C1995.01.001
Opdrachtgever: Interprovinciaal Overleg

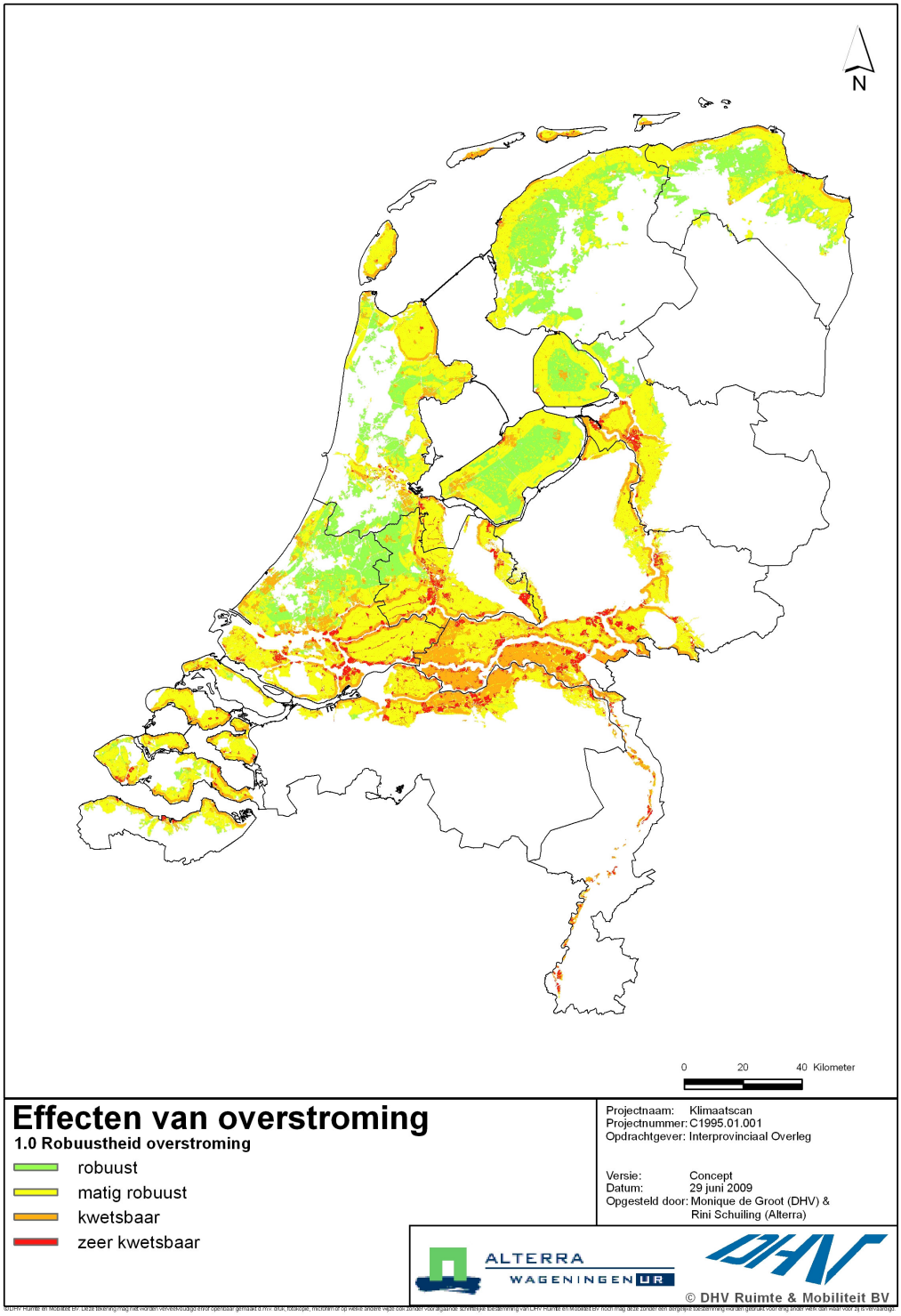
Versie: Concept
Datum: 08 juni 2009
Opgesteld door: Monique de Groot (DHV) & Rini Schuiling (Alterra)

© DHV Ruimte & Mobiliteit BV

© DHV Ruimte en Mobiliteit BV. Deze tekening mag niet worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt d/m/v druk, fotokopie, microfilm of op vlekte andere wijze ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van DHV Ruimte en Mobiliteit BV. Ook mag deze zonder eendergelijke toestemming worden gebruikt voor enig ander werk dan waar voor zij is vervaardigd.

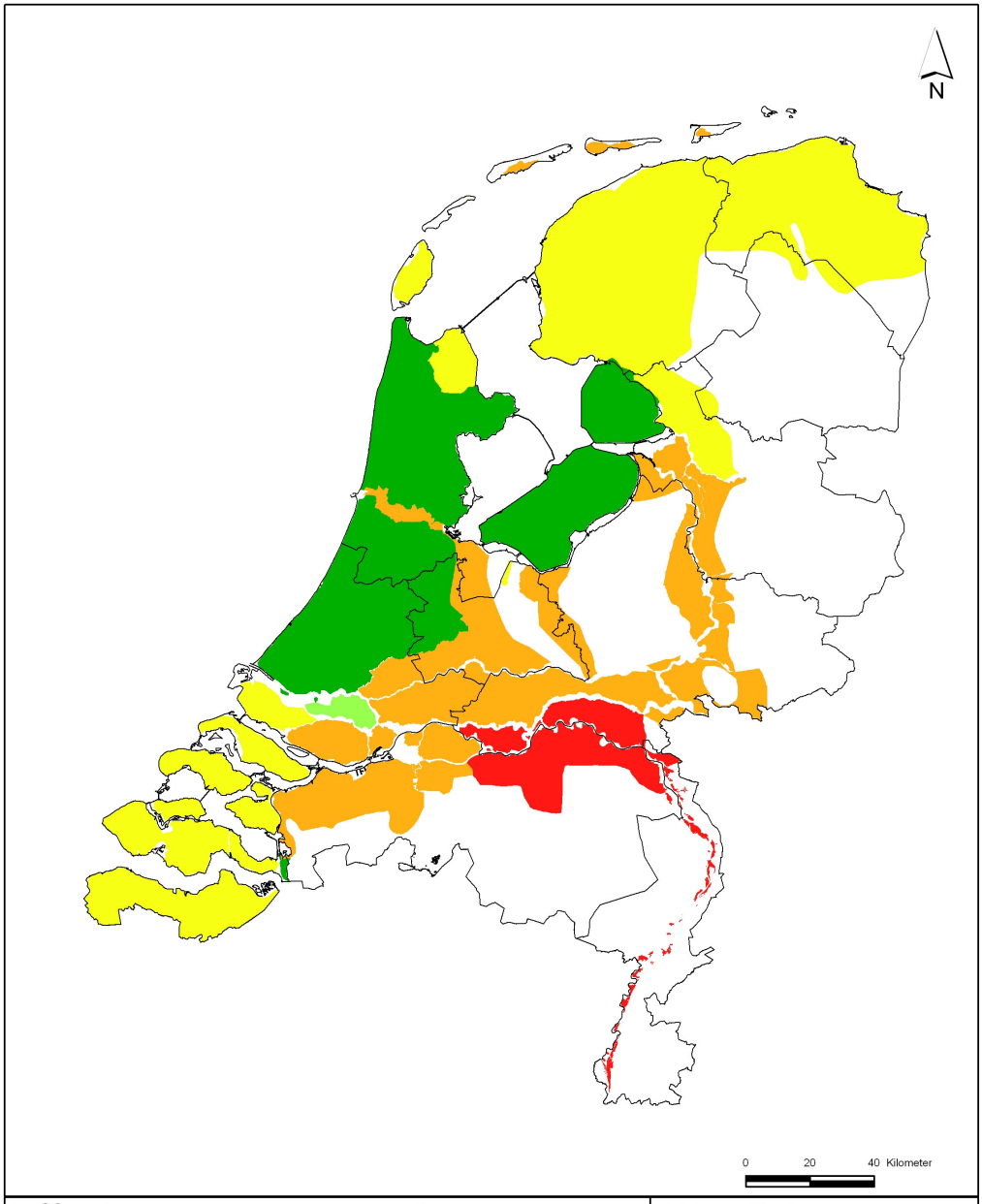
Error! Reference source not found.

Error! Reference source not found.



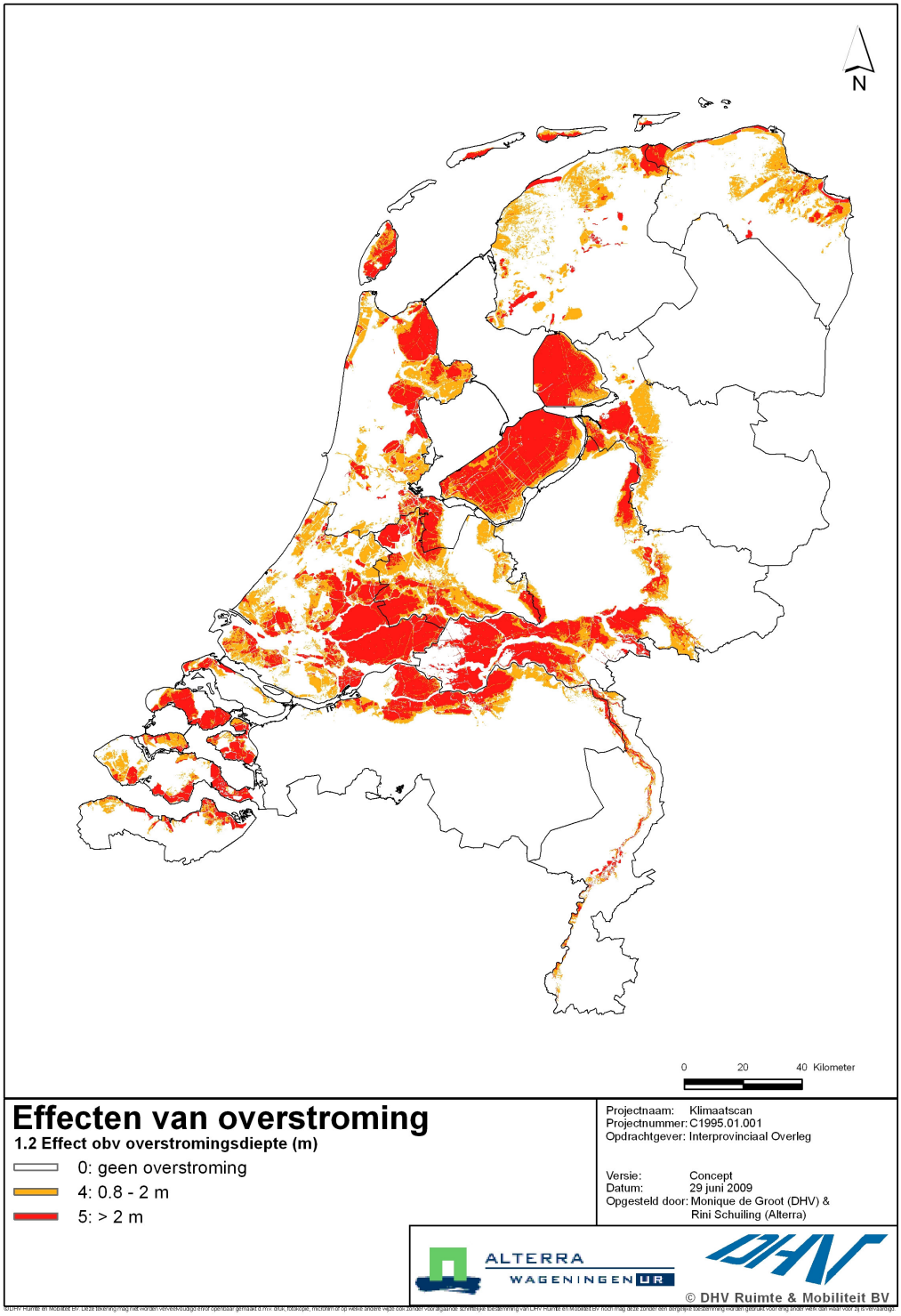
Error! Reference source not found.

Error! Reference source not found.



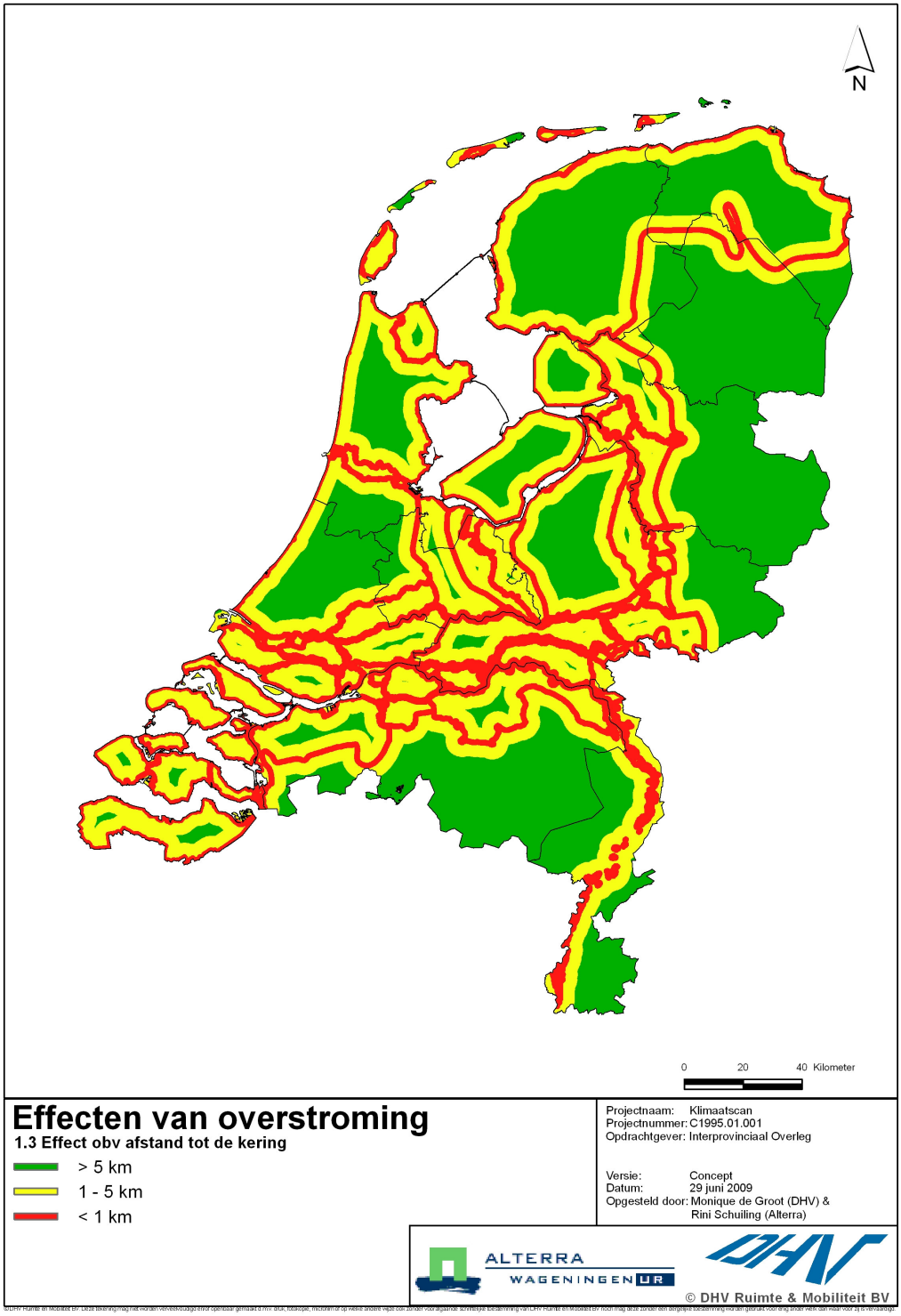
Error! Reference source not found.

Error! Reference source not found.



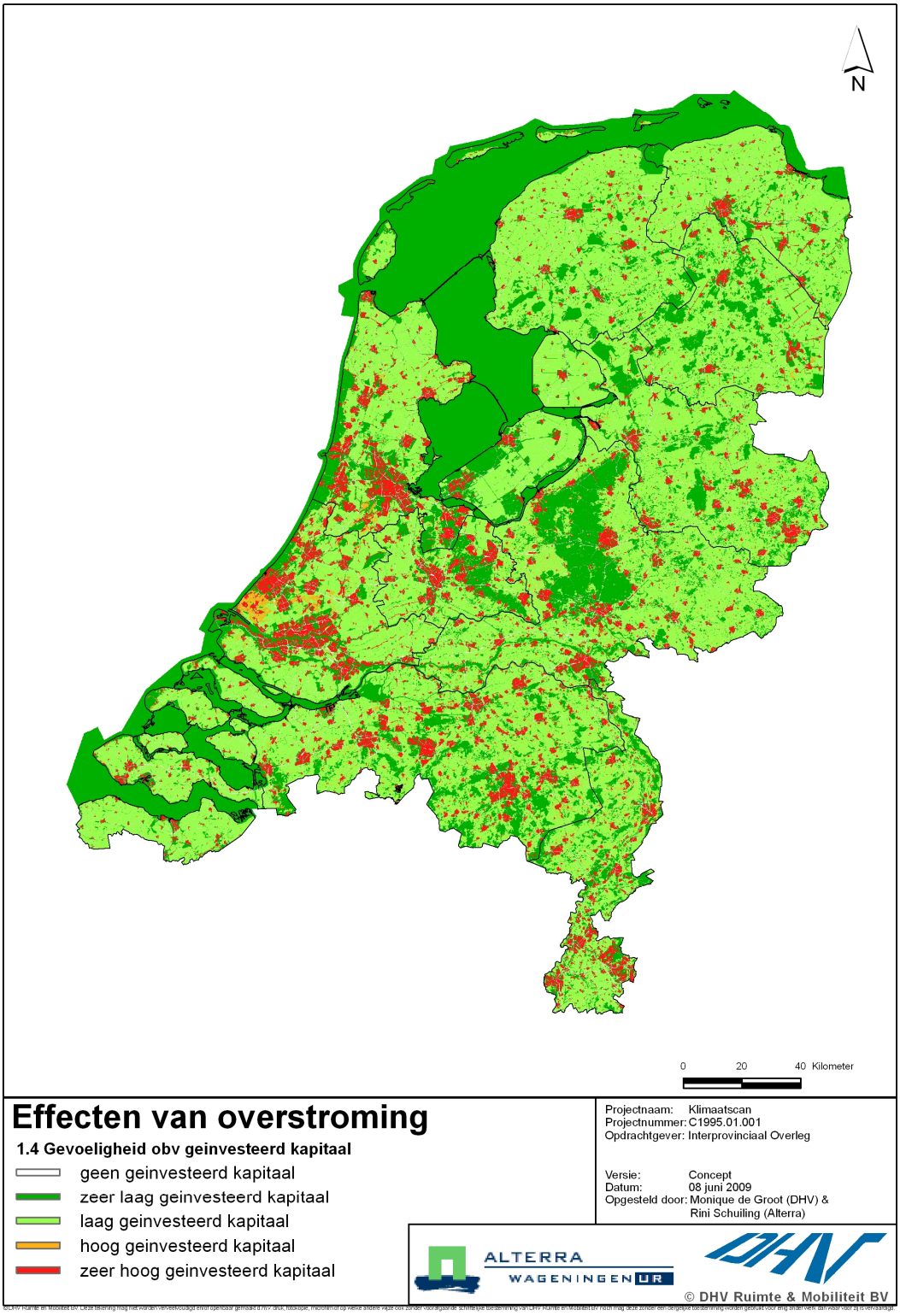
Error! Reference source not found.

Error! Reference source not found.



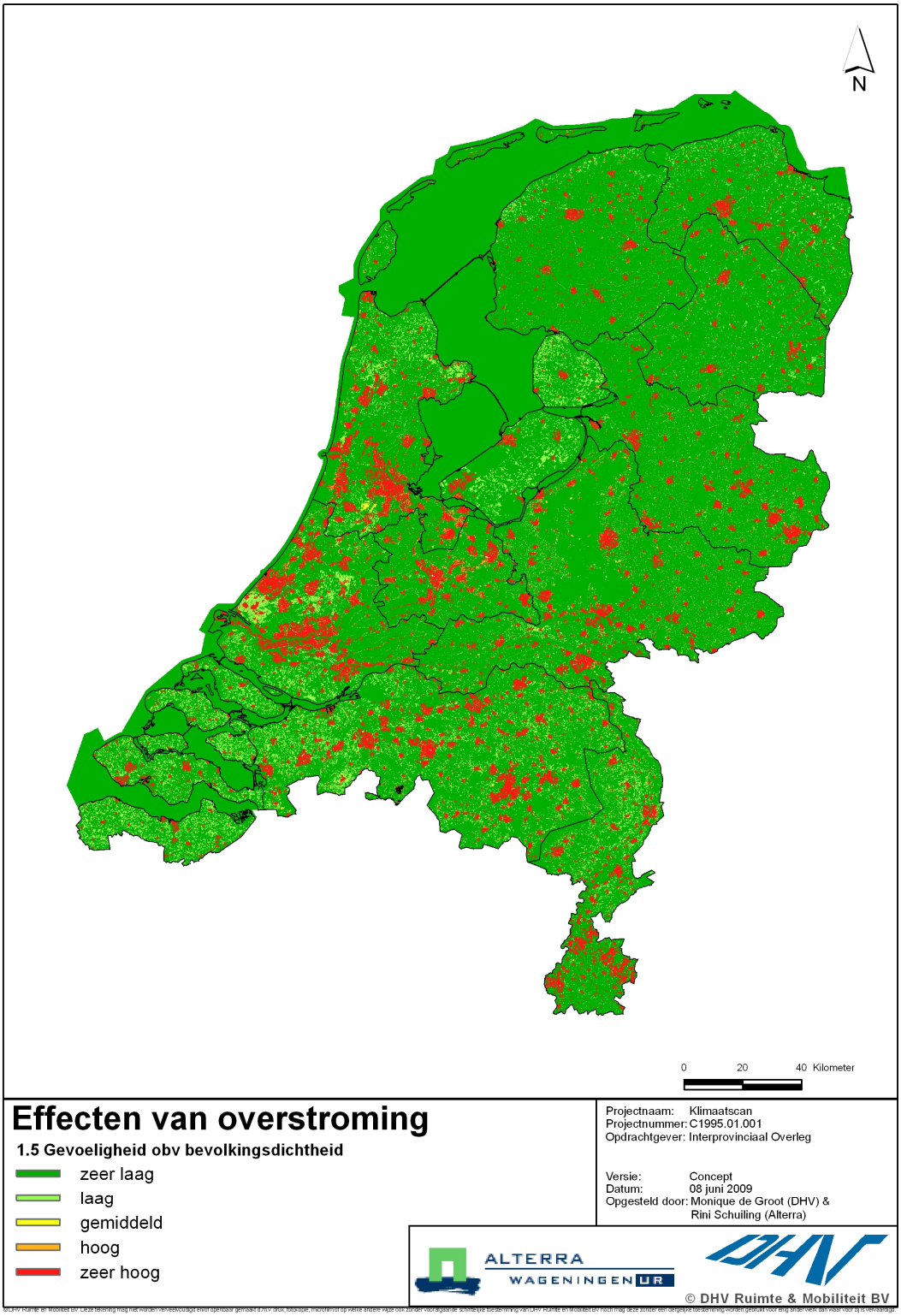
Error! Reference source not found.

Error! Reference source not found.



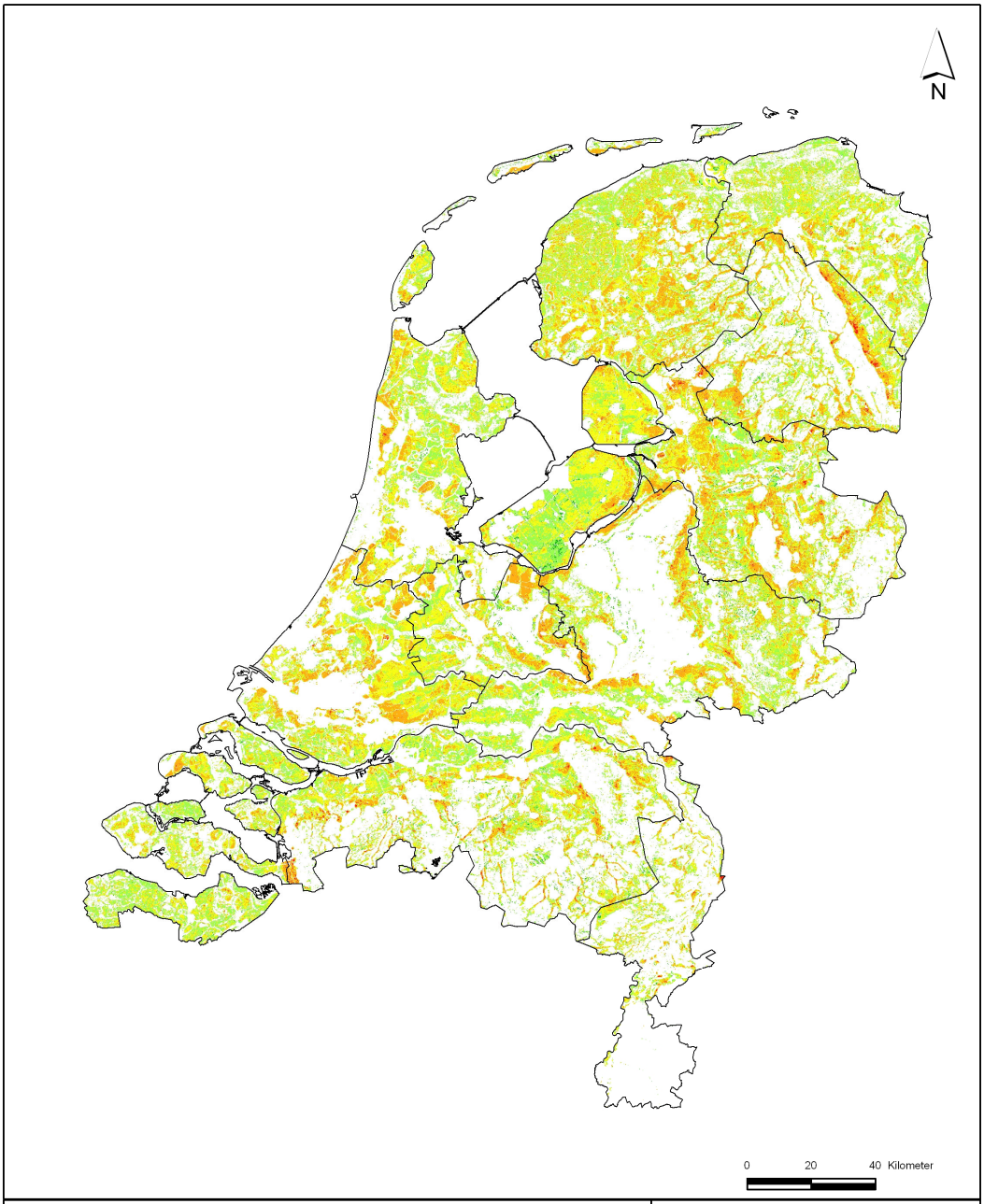
Error! Reference source not found.

Error! Reference source not found.



Error! Reference source not found.

Error! Reference source not found.



Effecten van wateroverlast

2.0 Robuustheid wateroverschot

- zeer robuust
- robuust
- matig robuust
- kwetsbaar
- zeer kwetsbaar

Projectnaam: Klimaatscan
Projectnummer: C1995.01.001
Opdrachtgever: Interprovinciaal Overleg

Versie: Concept
Datum: 08 juni 2009
Opgesteld door: Monique de Groot (DHV) & Rini Schuiling (Alterra)

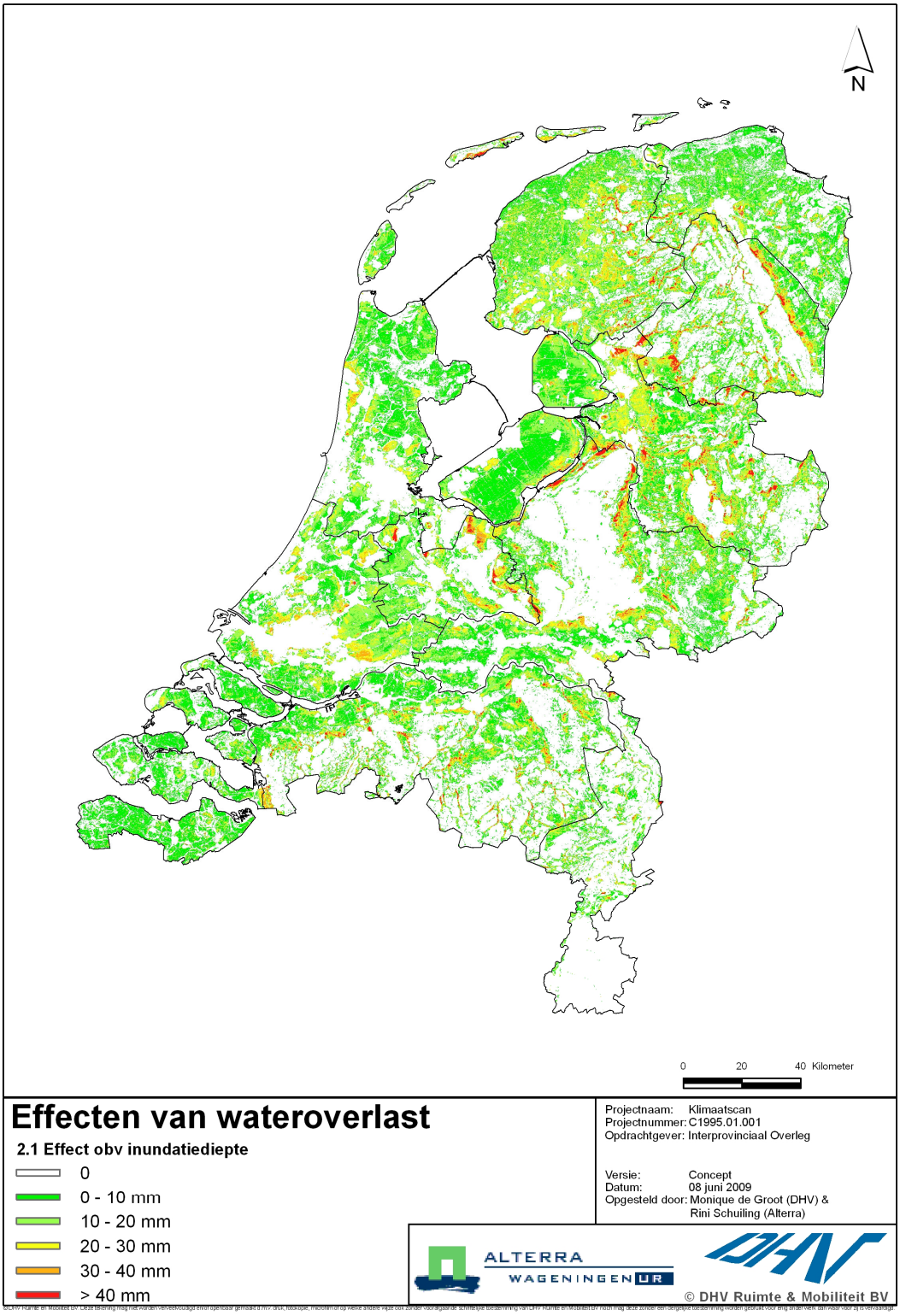
ALTERRA WAGENINGEN UR

© DHV Ruimte & Mobiliteit BV

© DHV Ruimte en Mobiliteit BV. Deze tekening mag niet worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt d.m.v. druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van DHV Ruimte en Mobiliteit BV noch mag deze zonder een dergelijke toestemming worden gebruikt voor enig ander werk dan waar voor zij is vervaardigd.

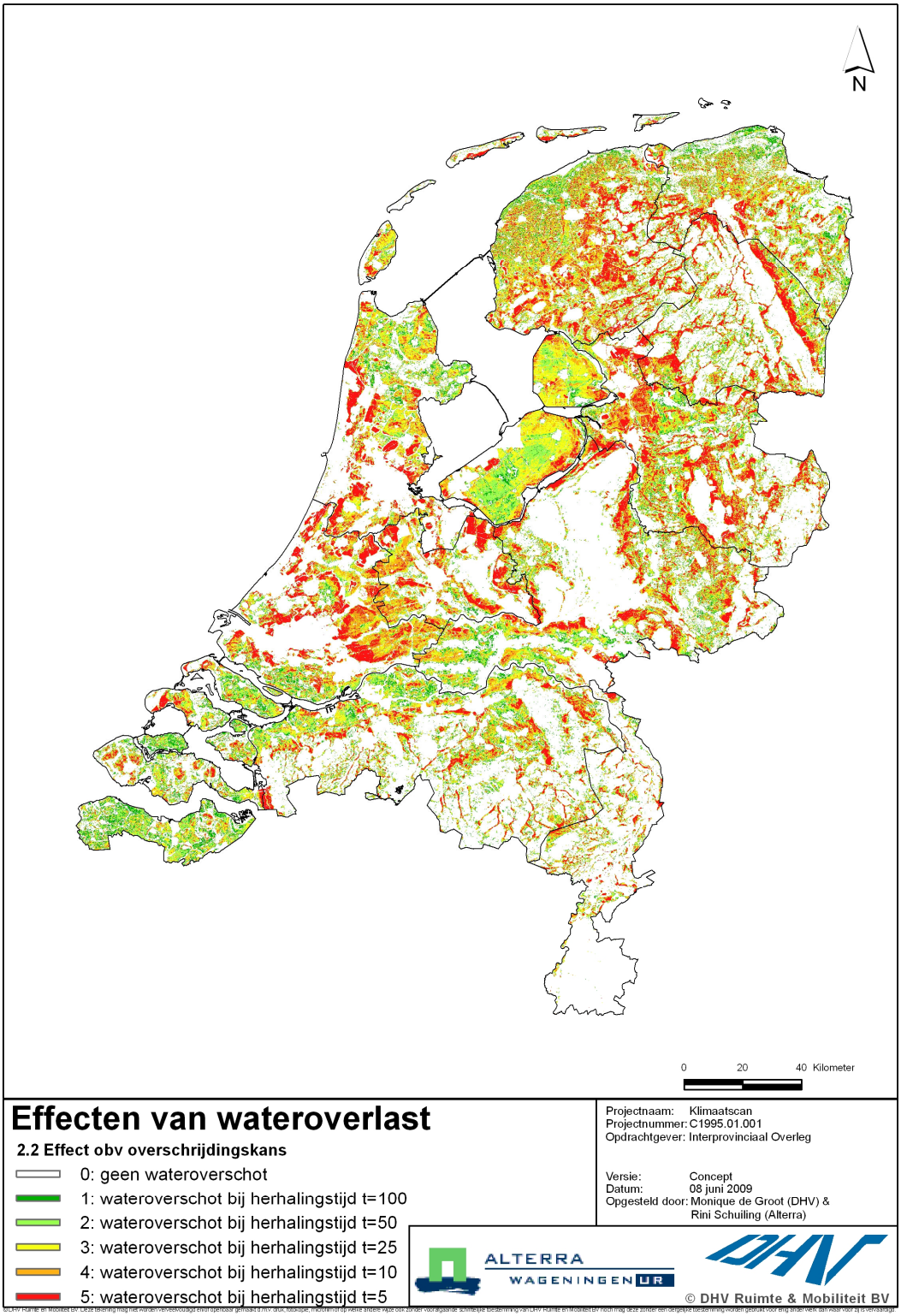
Error! Reference source not found.

Error! Reference source not found.



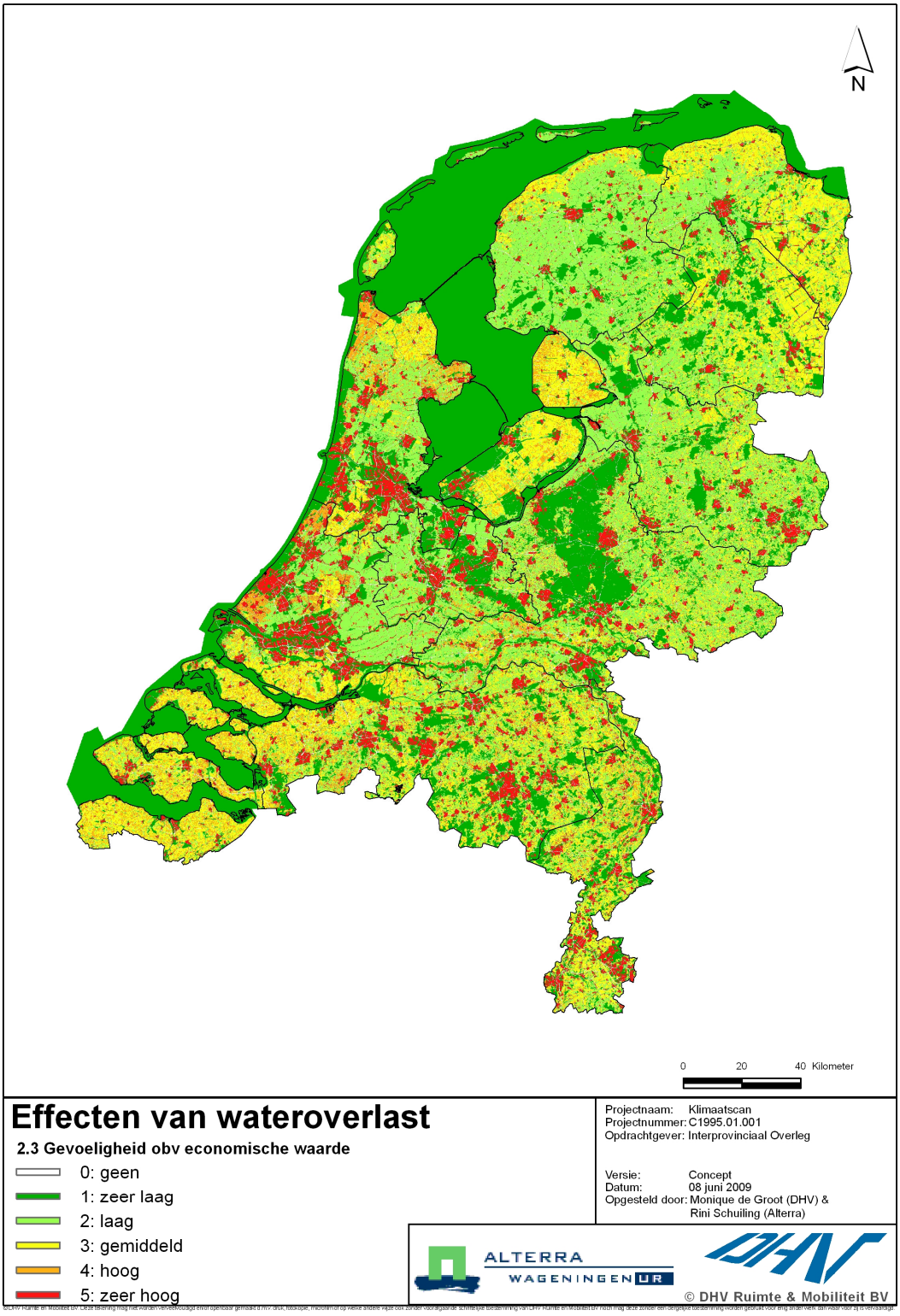
Error! Reference source not found.

Error! Reference source not found.



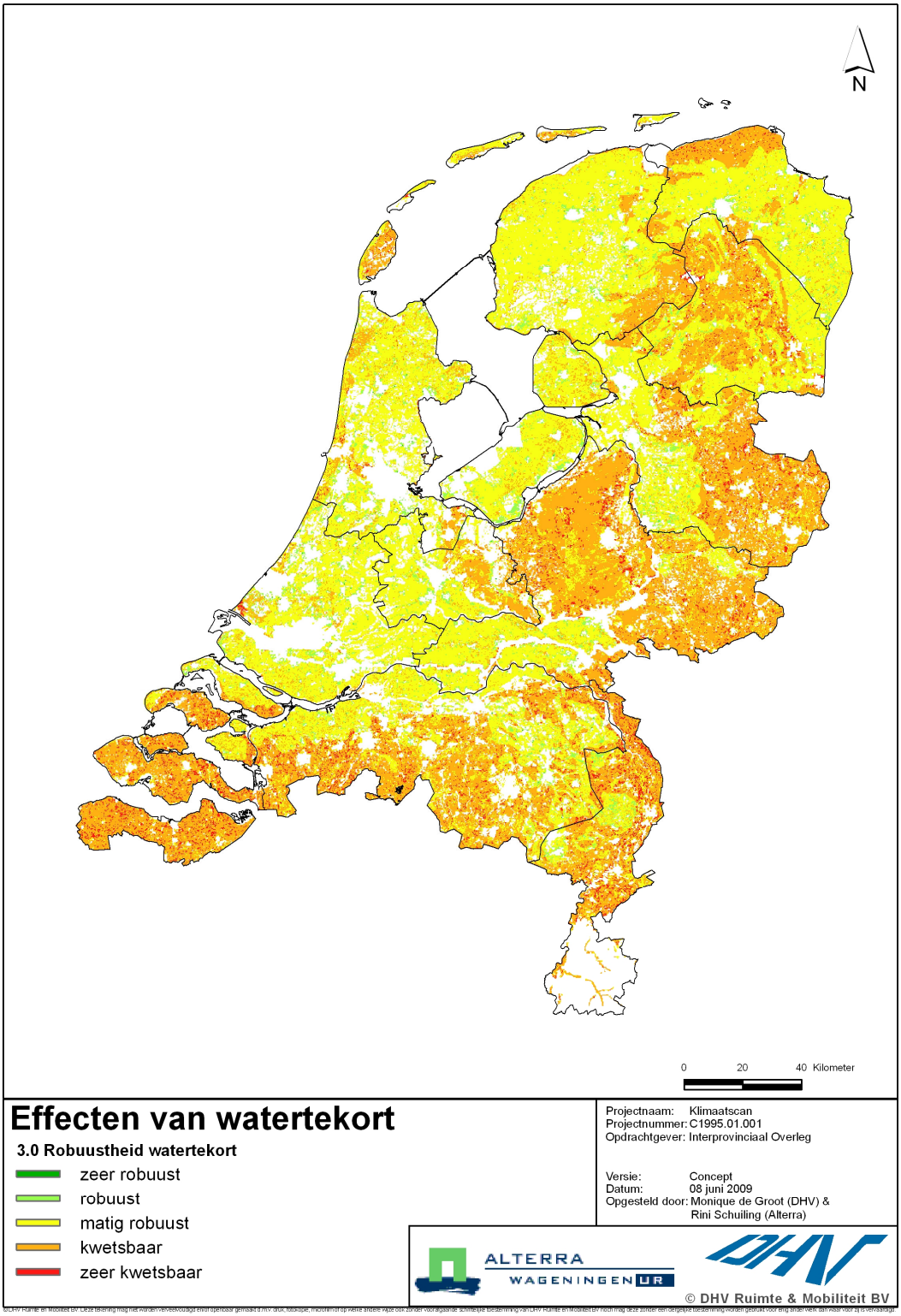
Error! Reference source not found.

Error! Reference source not found.



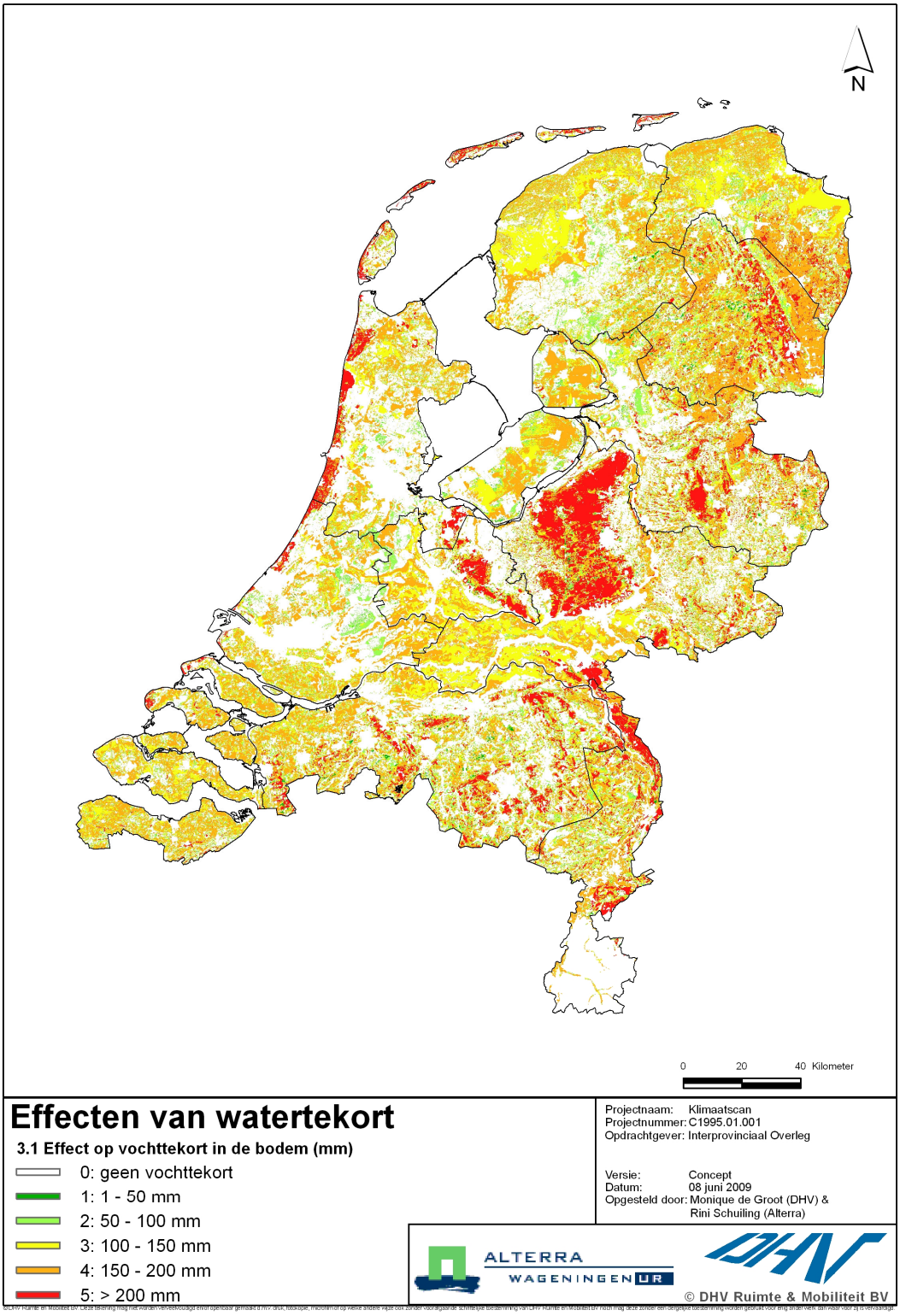
Error! Reference source not found.

Error! Reference source not found.



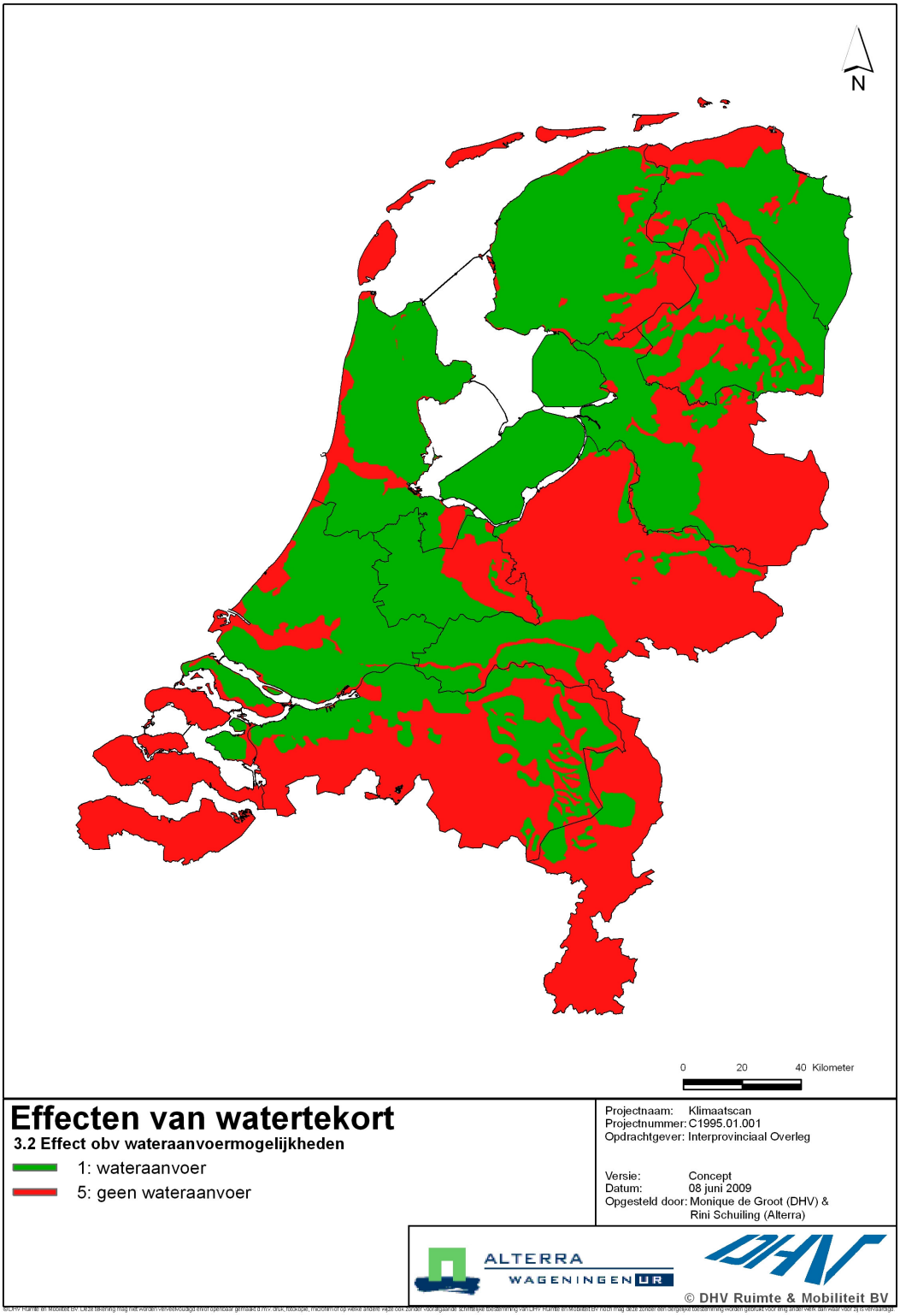
Error! Reference source not found.

Error! Reference source not found.



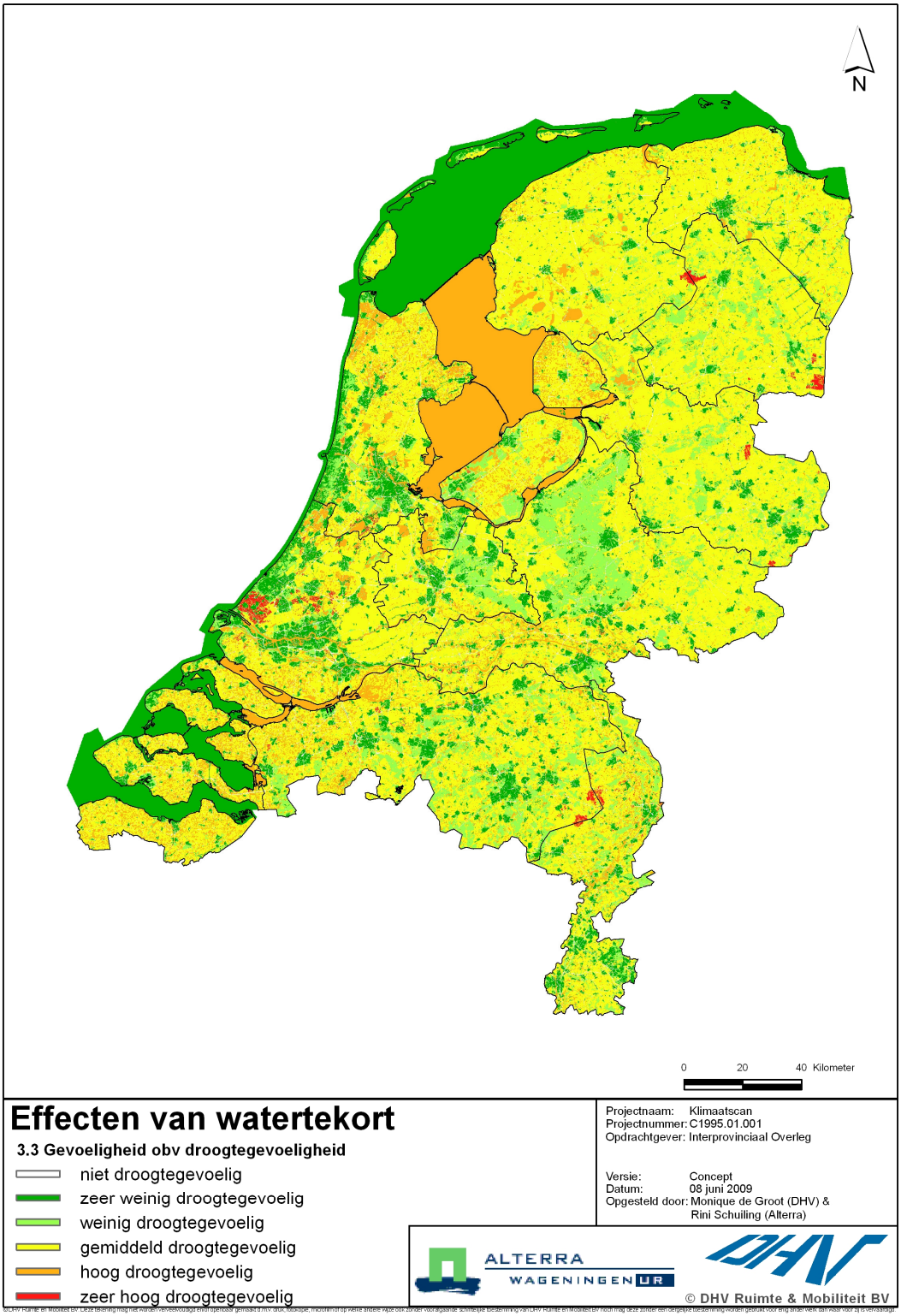
Error! Reference source not found.

Error! Reference source not found.



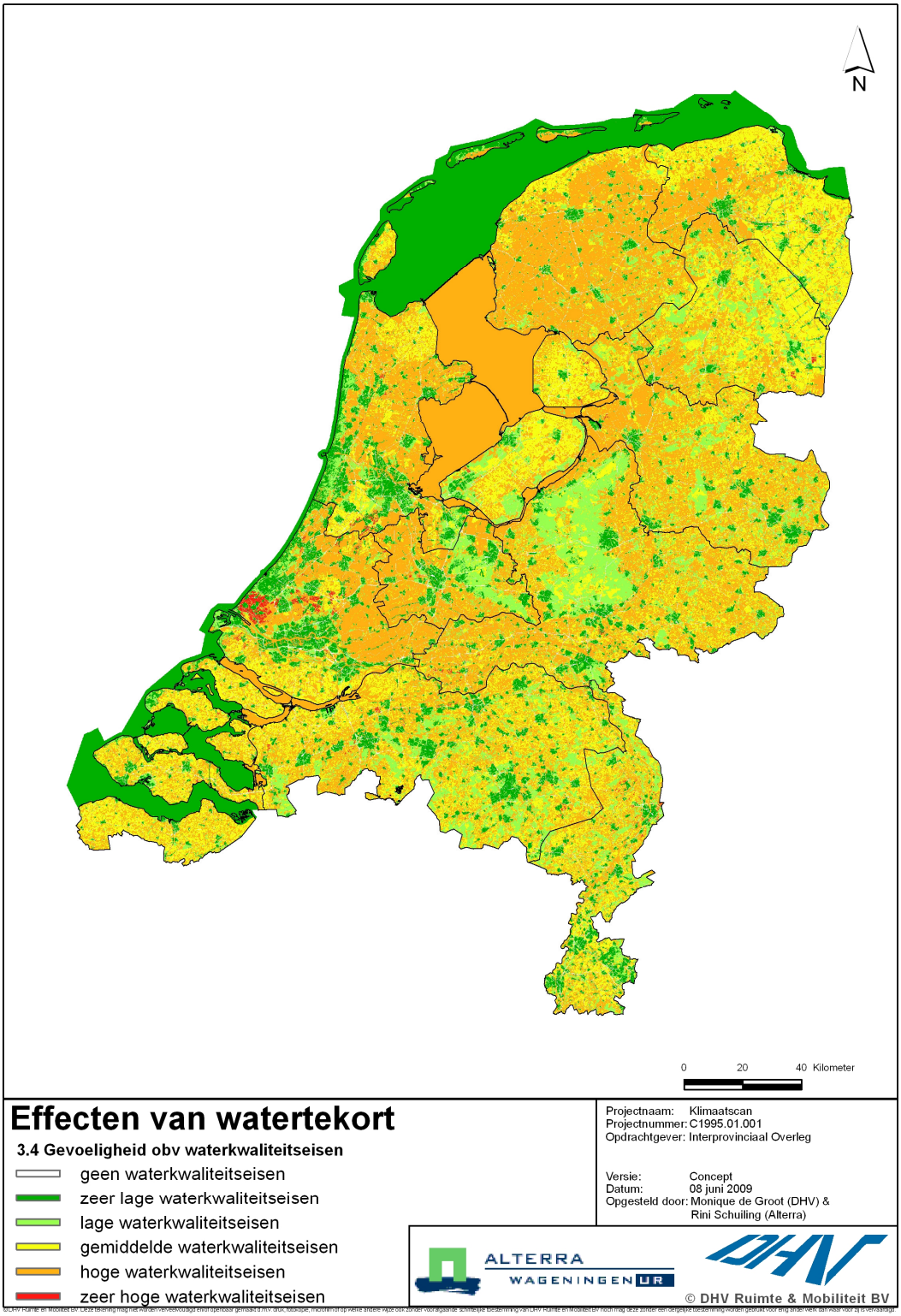
Error! Reference source not found.

Error! Reference source not found.



Error! Reference source not found.

Error! Reference source not found.



Error! Reference source not found.

Error! Reference source not found.