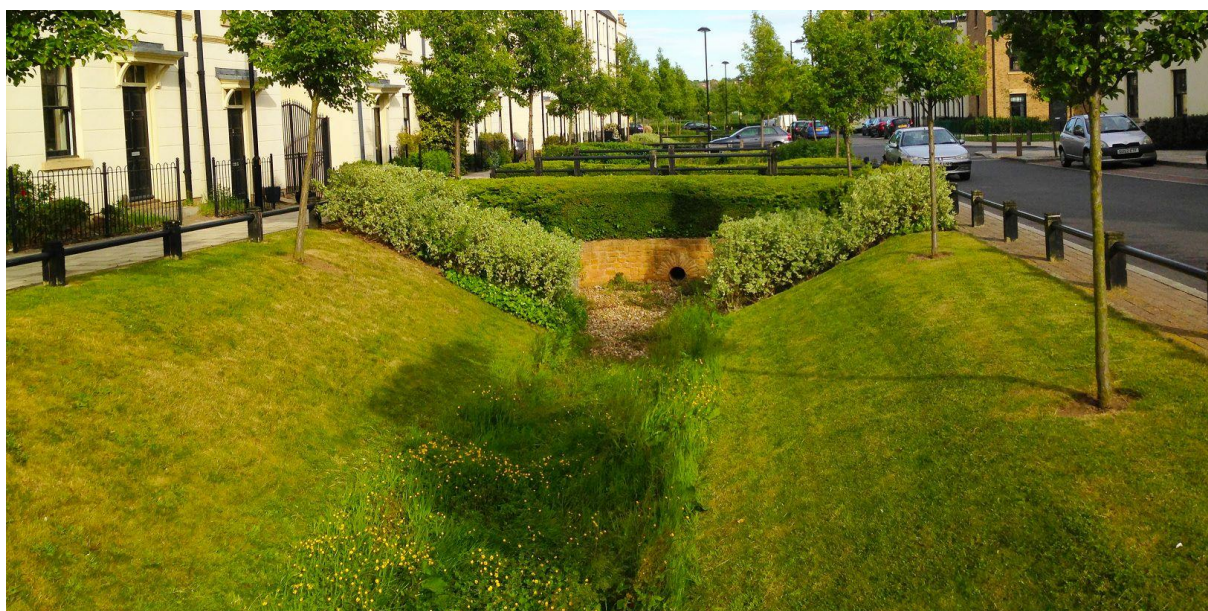


Rol van de bodem bij klimaatadaptatiemaatregelen in bebouwd gebied

Kennisproject 'DNA van de stad en omgeving'

Pilot Nijmegen | Rijk van Maas en Waal



Kees Broks (STOWA)
Martijn Mekking (TAUW)
Léon Dielen (TAUW)

Status: definitief

Samenvatting

Aanleiding en doel van de studie

Bodem, ondergrond en landschap hebben een grote invloed op de impact van klimaatverandering. Droogtegevoeligheid van hogere zandgronden of de beperkte infiltratiecapaciteit van lage kleigronden vergroten bijvoorbeeld het effect van droogte of hoosbuien. Anderzijds bieden bodem, ondergrond en landschap ook belangrijke kansen voor een waterrobuuste en klimaatbestendige leefomgeving. Deze kansen voor klimaatadaptatie in de bebouwde omgeving blijven echter veelal nog onvoldoende benut. Er is veel kennis beschikbaar over de relatie tussen ondergrond en klimaatadaptatie, al is die nog niet overal even makkelijk toegankelijk. Deze kennis wordt weliswaar toegepast, maar dan vooral bij adaptatie-maatregelen om bestaande, lokale problemen op te lossen. Ideeën en een praktische aanpak om de rol en betekenis van het natuurlijke ondergrondsysteem te benutten bij het oplossen van de opgaven voor klimaatadaptatie voor de lange termijn, staan nog in de kinderschoenen.

In het Convenant Bodem en Ondergrond 2015-2020 hebben de Nederlandse overheden afspraken gemaakt over een duurzaam en efficiënt beheer en gebruik van de bodem en ondergrond. In dat kader werkte het Uitvoeringsprogramma bodem en ondergrond aan een kennisinfrastructuur voor bodem en ondergrond. Voorliggende rapportage beschrijft het resultaat van een deelproject binnen het kennisproject 'DNA van de stad'. Het doel van deze studie 'pilot Nijmegen | Rijk van Maas en Waal' is:

1. Het ontwikkelen van een methode om:
 - a. tot generieke redeneerlijnen voor klimaatadaptatiemaatregelen in bebouwd gebied te komen, gebaseerd op de verwachte klimaateffecten, de Regionale Adaptatie Strategie (RAS), de kansen en beperkingen van de bodem en ondergrond en de cultuurhistorie,
 - b. in deze gedachtenlijn op wijkniveau tot integrale ontwerpprincipes voor klimaatadaptatie te komen;
2. Verkennen hoe dit een 'goede plek' kan krijgen in het (afwegings-)proces van de planfiguren van de Omgevingswet, met name de gemeentelijke omgevingsvisie(s).

Deze studie is uitgevoerd in afstemming met de gebiedspartners: Gemeente Nijmegen, Provincie Gelderland en Waterschap Rivierenland, en afgestemd met andere gemeenten en omgevingsdienst binnen het 'Rijk van Maas en Waal'.

Aanpak

De aanpak bestaat uit drie onderdelen: systeemanalyse, redeneerlijnen, en kansenkaarten.

- De **systeemanalyse** geeft inzicht in het 'DNA van de stad en omgeving': de eigenheid, werking en dynamiek van het natuurlijke systeem van bodem, ondergrond, landschap, water en cultuurhistorie.
- Redenerend vanuit het DNA van de omgeving en de klimaatopgaven wordt vervolgens met verhalende **redeneerlijnen** een vertaalslag gemaakt naar de kansen en beperkingen van bodem en ondergrond voor klimaatadaptatie.
- De **ontwerpprincipes** geven integrale en praktische oplossingsrichtingen voor klimaatadaptatie door een gebiedsgerichte uitwerking van de redeneerlijnen.

In een stappenplan zijn voor deze drie onderdelen aangegeven welke stappen daarvoor doorlopen moeten worden, wat de plaats hiervan kan zijn in het (gemeentelijke) werkproces en welke data en informatie daarbij nodig is.

Resultaat

De aanpak is uitgewerkt voor twee stadsdelen in Nijmegen met een verschillende ondergrond: Nijmegen-midden, een hoger gelegen stadsdeel op een spoelzandwaaier, en Dukenburg, een lager gelegen stadsdeel op een rivierterras met dekzand. In onderstaande tabel is aangegeven welke van de mogelijke klimaatdreigingen voor het bebouwd gebied in Nederland voor beide stadsdelen relevant zijn (in rood).

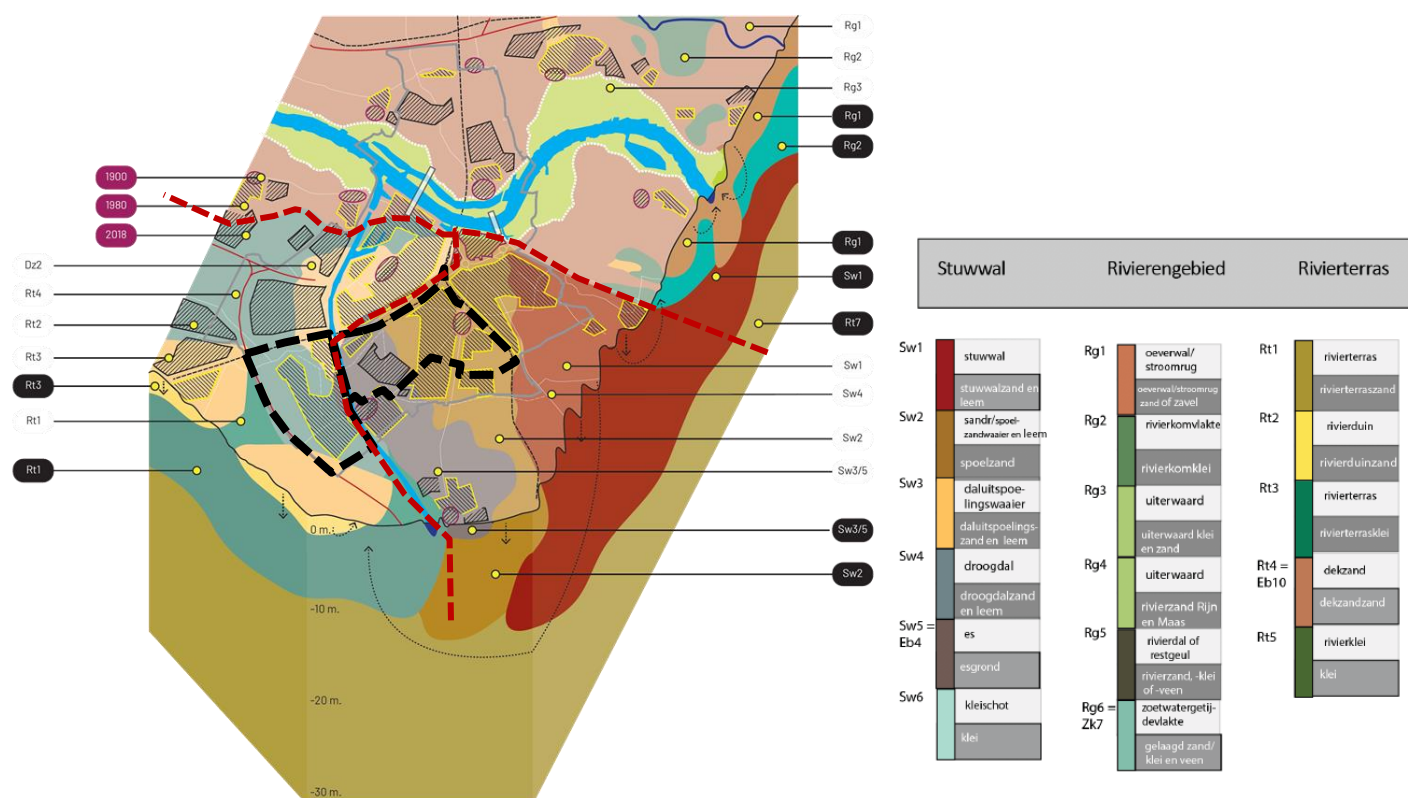
Klimaatdreiging	Stadsdeel	Dukenburg	Nijmegen-Midden
1. overstroming			
2. verzilting			
3. regenwateroverlast			
4. grondwateroverlast			
5. wind, hagel en stormschade			
6. erosie			
7. bodemdaling en ongelijke zetting			
8. aantasting houten funderingen door te lage grondwaterstand			
9. natuurbrand			
10. verdroging van groen en natuur			
11. hittestress			
12. koelbehoefte/energieverbruik			
13. oppervlaktewaterkwaliteit			

Systeemanalyse

Voor de systeemanalyse is gebruik gemaakt van een 'landschappelijke bodemkaart' die in concept beschikbaar is, met vereenvoudigde logische combinaties van landschap, bodem en ondergrond, vanuit het perspectief van klimaatadaptatie. Nijmegen ligt, net als veel andere steden, op de grens van verschillende landschappen. In Nijmegen zijn dat drie landschappen (zie afbeelding):

- De stuwwal aan de zuidoost zijde van de roodbruine stippellijn, waar een groot deel van de stad op ligt. Hier ligt stadsdeel Nijmegen-Midden in.
- Het rivierterras aan de zuidwest zijde van de roodbruine stippellijn in. Hier ligt het stadsdeel Dukenburg in.
- Het rivierengebied aan de noordzijde van Nijmegen, waar 'De Waalsprong' ligt.

Binnen deze drie landschappen liggen verschillende landschapsvormen. In de afbeelding zijn de geomorfologische landschapsvormen aangegeven en in de diepte de bodemsoorten en indicatie van de infiltratie- en kwelstromen.



Deze landschappen hebben elk hun eigen karakteristieke kenmerken en dynamiek, die een grote invloed hebben op 'het DNA van de omgeving' en op de toekomstige situatie. De systeemanalyse geeft de hoofdlijnen aan van de landschappelijke zonering. Voor toepassing op wijkniveau (o.a. voor klimaatadaptatie) is een uitwerking noodzakelijk met meer gedetailleerde informatie.

Redeneerlijnen

Binnen de twee stadsdelen komen de volgende vijf landschapsvormen voor:

- Nijmegen-midden: Sandr/spoelzandwaaier en leem (lichtbruin, Sw2), Droogdal (mosgroen, Sw4) en Daluitspoelingswaaier / Es (donkerbruin, Sw3/Sw5)
- Dukenburg: Rivierterras met dekzand (beige, Rt4) en Rivierterras (groen, Rt3), met opgevolde restgeulen doorsneden (blauw)

Op basis van de fysische kenmerken van deze vijf landschapsvormen en de relevante klimaatopgaven voor bebouwd gebied, zijn generieke redeneerlijnen opgesteld. Deze redeneerlijnen beschrijven de klimaatadaptatie-strategie die goed aansluit op de fysische kenmerken van de betreffende landschapsvorm. Per landschapsvorm kan deze redeneerlijn in principe verschillend zijn, maar zeker binnen hetzelfde landschapstype (bijvoorbeeld stuwwal of rivierengebied) zullen er ook overeenkomsten tussen de redeneerlijnen zijn.

In onderstaande tabel zijn de generieke redeneerlijnen voor klimaatadaptatie weergegeven voor de landschapsvormen in Nijmegen-Midden en Dukenburg. Deze vormen het vertrekpunt voor de uitwerking in integrale ontwerp-principes voor klimaatadaptatie op wijkniveau.

Generieke redeneerlijnen voor klimaatadaptatie, per landschapsvormen in twee stadsdelen

landschaps- vorm	Bodem- eigenschappen	Relevante klimaatdreigingen bebouwd gebied	Redeneerlijn klimaatadaptatie
Sandr/spoel- zandwaaier en leem (Sw2)	• hoge infiltratie en doorlatendheid • hoge bodemberging • lage voorraad bodemvocht • (zeer) diepe grondwaterstand	• Regenwateroverlast, mede door snelle toestroming over maaiveld uit omgeving • verdroging • hittestress • oppervlaktewater-kwaliteit • erosie	• maximaal infiltreren en vasthouden neerslag in bodem • verbeteren watervasthoudend vermogen bodem • vergroten bodemleven • beperken verdamping neerslag en bodemvocht • inzet op schaduw tegen hitte • droogtebestendige bomen
Droogdal (Sw4)	• goede infiltratie en doorlatendheid • hoge bodemberging • lage tot matige voorraad bodemvocht • diepe tot zeer diepe grondwaterstand (afh. van plaats langs helling stuwwal)	• regenwateroverlast, mede door snelle toestroming over maaiveld uit omgeving • verdroging • hittestress • oppervlaktewater-kwaliteit • erosie	• maximaal infiltreren en vasthouden neerslag in bodem • toestromend regenwater uit omgeving (tijdelijk) bergen, maximaal vasthouden en infiltreren, rest vertraagd afvoeren • voorkomen blokkade afstromende neerslag door droogdalen, waarborgen • verbeteren watervasthoudend vermogen bodem • vergroten bodemleven • droogtebestendige bomen • benutten en accentueren natuurlijke (lijn)structuur van droogdal voor groene, koele vervoer-, sport- en recreatieve route • inzet op schaduw en verdamping tegen hitte
Daluitspoel- ingswaaier / Es (Sw3/Sw5)	• hoge infiltratie en doorlatendheid • hoge bodemberging • matige voorraad bodemvocht • diepe grondwaterstand	• regenwateroverlast mede door snelle toestroming over maaiveld uit omgeving • grondwateroverlast • verdroging • hittestress • oppervlaktewater-kwaliteit	• maximaal infiltreren en vasthouden neerslag in bodem • tijdelijk bergen afstromende neerslag • verbeteren watervasthoudend vermogen bodem • vergroten bodemleven • inzet op schaduw en verdamping tegen hitte
Rivierterras met dekzand (Rt4)	• matige infiltratie en goede doorlatendheid • ruime bodemberging • matige voorraad bodemvocht • matig diepe grondwaterstand	• overstroming • regenwateroverlast • grondwateroverlast • verdroging/verzilting • (houten) funderingen • hittestress • oppervlaktewater-kwaliteit	• maximaal infiltreren en vasthouden neerslag in bodem • tijdelijk bergen van afstromende neerslag aan oppervlak • verbeteren watervasthoudend vermogen bodem • vergroten bodemleven • inzet op schaduw en verdamping tegen hitte
Rivierterras (Rt3) met opgevlude restgeulen doorsneden	• matige tot lage infiltratie en lage doorlatendheid • lage bodemberging • hoge voorraad bodemvocht • relatief hoge grondwaterstand	• overstroming • regenwateroverlast • grondwateroverlast • verdroging/verzilting • (houten) funderingen • hittestress • oppervlaktewater-kwaliteit	• benutten oude geulen (waar mogelijk) voor opvang en infiltratie van neerslag • boven- en ondergrondse berging van regenwater • bij hevige neerslag, opvangen en bergen van afstromend regenwater in oppervlaktewater • tegengaan verdichting bodem (o.a. goede doorworteling) • inzet op schaduw en verdamping tegen hitte • versterken blauwe structuren

Ontwerpprincipes

De lokale integrale ontwerpprincipes voor klimaatadaptatie zijn gericht op projectleiders, ontwerpers en adviseurs van publieke organisaties en particuliere initiatiefnemers van ruimtelijke ontwikkelingen. Hierin zijn lokale eigenschappen van bodem en ondergrond, lokale klimaateffecten en de generieke redeneerlijn voor de landschapsvormen meegenomen. Maatgevend voor de aanpak per stadsdeel of wijk zijn de voorkomende landschapstype(n) en landschapsvormen. Vanuit expert-judgement is een eerste invulling gegeven aan de lokale integrale ontwerpprincipes voor Dukenburg en Nijmegen-midden.

Gemeentelijke Omgevingsvisie

Door beelden met een verhaal kan de noodzaak en urgentie van klimaatadaptatie en de belangrijke rol en betekenis van het natuurlijke systeem hierbij (ook in bebouwd gebied) een 'goede plek' krijgen in de gemeentelijke omgevingsvisie. Met voorbeelden kan zo nodig worden verteld wat er mis kan gaan als hier onvoldoende rekening mee wordt gehouden. De systeemanalyse vertelt dit verhaal in woord en beeld.

Waar meerdere grote maatschappelijke opgaven spelen, kunnen deze elkaar versterken, parallel aan elkaar lopen of conflicterend zijn. Vooral in het laatste geval zullen afweging en keuzes nodig zijn. Deze conflicten kunnen betrekking hebben op zowel het gebruik van de beperkte buitenruimte als bodem en ondergrond. De systeemanalyse alleen biedt onvoldoende richting voor deze keuzes. Voor een onafhankelijke afweging van ambities en belangen is inzicht in prioriteiten nodig. Alleen prioriteiten en meer regels stellen kan echter weerstand oproepen. Het verhaal van de systeemanalyse zorgt voor begrip en draagvlak voor het waarom van deze prioriteiten en regels.

Een mogelijke vorm waarin deze prioriteiten een plek krijgen in de omgevingsvisie is door de ontwerpprincipes per landschappelijke bodemeenheden een prioriteitsklasse te geven. Deze prioriteiten zijn bijvoorbeeld te gebruiken bij het instrument 'omgevingstafel', waarbij alle aspecten op één tafel komen, met als doel om deze integraal te bespreken en met elkaar af te wegen. De tabel geeft een voorbeeld van mogelijke prioriteiten bij de ontwerpprincipes voor de landschapsvorm daluitspoelingswaai met droogdalen.

Prioriteit	Ontwerpprincipe
hoog	maximaal infiltreren en vasthouden neerslag in bodem van neerslag. Methode afhankelijk van zand- of kleibodem. Infiltratievoorzieningen (ondergrondse en bovengronds) waar bodem slecht doorlatend is
hoog	tijdelijk bergen afstromende neerslag
hoog	groene inrichting met vitale, humusrijke, bodem voor ontvangst van toestromende extreme neerslag uit omgeving
middel	benutten lijnvormige groenstructuren voor koele wandel-fietsroutes
middel	vasthouden van hangwater (onverzadigde zone) door verhogen van organisch stofgehalte bodem in wortelzone
laag	combinatie in diep- en ondiep wortelend groen voor bodemleven
laag	op klei: groene/blauwe daken voor opvang hevige neerslag langzame afvoer naar de bodem
middel	voor leefklimaat hitte: verkoeling geven door zowel schaduwwerking als verdamping
middel	indien grootschalige mobiele bodemverontreinigingen: overweeg ter plaatse diep te infiltreren (onder vervuiling) of neerslag eerst afvoeren en direct buiten verontreinigingsgebied infiltreren.

Conclusies en aanbevelingen

In deze studie is een conceptuele methode ontwikkeld voor een visie op en praktische aanpak van de klimaatopgaven voor de lange termijn, gebaseerd op de rol en betekenis van het natuurlijke systeem. Op basis van een systeemanalyse, de kenmerken van bodem en ondergrond en de relevante opgaven voor klimaatadaptatie, zijn generieke redeneerlijnen opgesteld per landschapsvorm. Deze zijn vervolgens uitgewerkt in locatie-specifieke integrale ontwerpprincipes voor klimaatadaptatie.

Deze methode is als '*proof of concept*' toegepast voor twee stadsdelen: Nijmegen-midden en Dukenburg. Uit deze studie blijkt dat de methode tot waardevolle ontwerpprincipes voor klimaatadaptatie leidt, die als gids kunnen dienen bij ruimtelijke ontwikkelingen in bebouwd gebied, zoals woningbouw (zoals inbreidingen en transformaties), herinrichting van de openbare ruimte of revitalisering van bedrijventerreinen. Deze methode kan de brug slaan tussen de algemene onderkenning van het belang van bodem en ondergrond voor klimaatadaptatie en de concrete toepassing daarvan in de praktijk.

De methodiek en toepassing daarvan kunnen verder worden ontwikkeld en gefaciliteerd door uitwerking en verbetering van de generieke redeneerlijnen voor andere landschappen en deze landelijk beschikbaar te maken, en door toepassing en ontsluiting van de methodiek in de regio Rijk van Maas en Waal en andere regio's, bijvoorbeeld via regionale en/of de landelijke klimaateffectatlas(sen). Belangrijke voorwaarde daarvoor is dat de basisinformatie van het natuurlijk systeem in het stedelijk gebied in een bruikbare en begrijpbare vorm beschikbaar komt.

Inhoud

Inhoudsopgave

Samenvatting.....	2
Inhoud	7
1 Inleiding	8
1.1 Aanleiding.....	8
1.2 Doel.....	9
1.3 Leeswijzer	9
2 Werkwijze: proces en aanpak	10
3 Data en informatie	12
3.1 Beschikbare data en informatie	12
3.2 Gewenste data en informatie	12
4 Basisinfo ondergrond en klimaat voor twee stadsdelen Nijmegen	14
4.1 Ligging	14
4.2 Klimaat effecten	14
4.3 Ondergrond op landelijke schaal.....	17
4.4 Ondergrond op regionale/lokale schaal.....	19
5 Redeneerlijnen en integrale ontwerpprincipes voor klimaatadaptatie.....	23
5.1 Ontwikkelde methode.....	23
5.2 Systeemanalyse	26
5.3 Redeneerlijnen	27
5.4 Ontwerpprincipes voor klimaatadaptatie.....	29
6 Samenhang met andere ruimtelijke opgaven en Omgevingsvisie	34
7 Conclusies en aanbevelingen	37
Bijlage 1 Overzicht beschikbare databronnen uit inventarisatie.....	39
Bijlage 2 Kaarten klimaat effecten in de twee stadsdelen.....	43
Bijlage 3 Uitgebreider beschrijving geomorfologische elementen	53
Bijlage 4 Verslag werksessie ondergrond en klimaatadaptatie, 10-2-2020.....	56

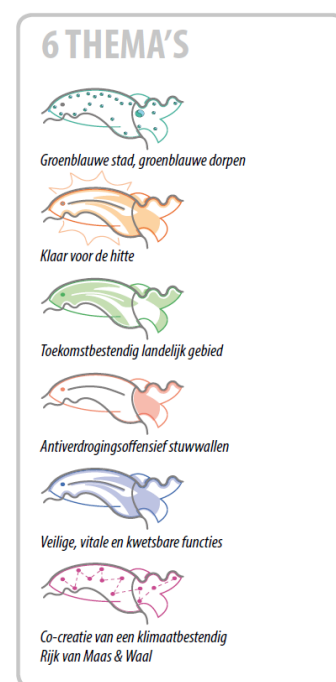
1 Inleiding

1.1 Aanleiding

De komende jaren zal veel worden geïnvesteerd in twee belangrijke opgaven voor de maatschappij: het opvangen van de gevolgen van klimaatverandering (adaptatie) en het tegengaan van klimaatverandering (mitigatie). Zo is alle gemeenten gevraagd om voor 2021 een warmteplan op te stellen en moeten alle gemeenten, waterschappen en provincies (en Rijk) in 2020 beschikken over een ruimtelijke adaptatiestrategie, met een uitvoerings- en investeringsagenda. Er is een groeiend inzicht in de kansen die bodem en ondergrond bieden voor mitigatiemaatregelen in bebouwd gebied en adaptatiemaatregelen in het landelijk gebied. Bij klimaatadaptatie in de bebouwde omgeving worden de kansen van bodem en ondergrond veelal nog onvoldoende benut en er is (te) beperkt inzicht in synergie met (o.a.) klimaatmitigatie in bebouwd gebied. Tegelijkertijd is er een schat aan kennis over de ondergrond van steden en platteland. Maar die wordt niet automatisch gebruikt bij beleids- en ontwerp vragen op het gebied van klimaatadaptatie en –mitigatie. Voor deze gebruikers is het een zoektocht welke gegevens nodig zijn, waar deze zijn te vinden en hoe deze zijn te gebruiken.

In de regio Rijk van Maas en Waal werken gemeenten Berg en Dal, Heumen, Nijmegen, Beuningen, Wijchen, Druten, West Maas en Waal, Waterschap Rivierenland en Provincie Gelderland samen om tot een klimaatbestendige regio te komen. Medio 2019 is een breed gedragen Regionale Adaptatie Strategie (RAS) [vastgesteld](#) over hoe de regio de komende jaren werk maakt van klimaatadaptatie. De RAS is uitgewerkt in zes thema's (figuur).

De gemeentelijke omgevingsvisie (GOVI) wordt langs diverse sporen voorbereid, o.a. ruimtelijk, waarvoor bouwstenen en kaarten aangeleverd moeten worden. De Nijmeegse Omgevingsvisie 2020-2040 is [online](#) gepubliceerd. In de visie staat: "Al deze claims op de ondergrond vereisen dat we functies in de ondergrond slim gaan combineren en hier zowel bij het ontwerp als beheer van de stad goed rekening mee houden."



In het Convenant Bodem en Ondergrond 2015-2020 hebben alle overheden afspraken gemaakt over een duurzaam en efficiënt beheer en gebruik van de bodem en ondergrond. In dat kader werkte het Uitvoeringsprogramma bodem en ondergrond (UP) aan een kennisinfrastructuur voor bodem en ondergrond. Vragen die aanleiding zijn voor het kennisproject 'DNA van de stad en omgeving', dat is gefinancierd vanuit het kennisbudget van het UP, zijn:

- Hoe beïnvloedt de bodemopbouw de geschiktheid voor en het ontwerp van klimaatadaptatie maatregelen?
- Hoe wordt daarbij omgegaan met ruimteclaims van andere ondergrond gerelateerde gebruiksvormen en opgaven?
- Welke waarde kan de ondergrond op een bepaalde locatie maximaal toevoegen aan klimaatadaptatie?
- Welke relatie is er tussen de natuurlijke ondergrond en de bebouwde bovengrond?

Onderhavige rapportage is het resultaat van een deelproject binnen het kennisproject 'DNA van de stad'. In deze studie 'pilot Nijmegen | Rijk van Maas en Waal' staan twee vragen centraal:

3. Hoe nemen we het natuurlijke systeem van bodem, water en groen als onderlegger mee in de uitwerking van de Regionale Adaptatie Strategie (RAS) Rijk van Maas en Waal, naar een lokaal uitvoeringsprogramma klimaatadaptatie?
4. Welke informatie is nodig voor het proces van de gemeentelijke omgevingsvisie (GOVI) om op een goede manier een afweging te kunnen maken tussen de boven- en ondergrondse consequenties van klimaatadaptatie en andere maatschappelijke opgaven?

1.2 Doel

Het doel van deze studie is:

1. het ontwikkelen van een methode om
 - a. tot generieke redeneerlijnen voor klimaatadaptatiemaatregelen te komen, gebaseerd op de verwachte klimaateffecten, de RAS, de kansen en beperkingen van de bodem en ondergrond en de cultuurhistorie,
 - b. in deze gedachtenlijn op wijkniveau tot integrale ontwerpprincipes voor klimaatadaptatie te komen;
2. verkennen hoe dit een 'goede plek' kan krijgen in het (afwegings-)proces van de planfiguren van de Omgevingswet, met name de gemeentelijke omgevingsvisie.

1.3 Leeswijzer

Deze notitie beschrijft in een aantal bouwstenen de opbrengsten en resultaten van deze studie. De resultaten zijn in de volgende hoofdstukken gerapporteerd:

1. Inleiding
2. Werkwijze
3. Data en informatie. Beschikbaarheid en behoefte
4. Beschrijving pilotgebieden. De ligging van de twee stadsdelen, ondergrond en klimaatdreigingen
5. Methode voor redeneerlijnen en ontwerpprincipes voor klimaatadaptatie gebaseerd op het landschapsvormen, en doorkijk naar mogelijke operationalisering van de redeneerlijnen door ontsluiting via de regionale klimaateffectatlas
6. Samenhang met andere ruimtelijke opgaven en met de omgevingsvisie
7. Conclusies en aanbevelingen.

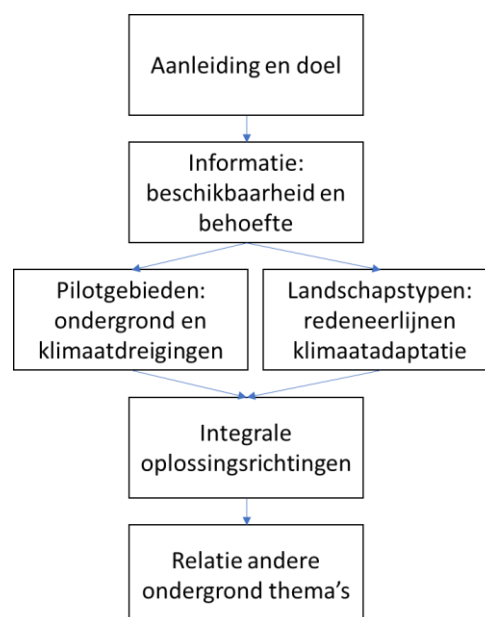
2 Werkwijze: proces en aanpak

De werkwijze is gebaseerd op het geactualiseerde 'Plan van aanpak Pilot Nijmegen | Rijk van Maas en Waal, Gelderland' (28 januari 2020), maar gaandeweg aangepast naar nieuwe inzichten en praktische haalbaarheid (o.a. vanwege COVID-19).

De in deze studie gevolgde methodiek kan ook worden gevolgd voor het opbouwen en toepassen van integrale adaptatiemaatregelen elders in de samenwerkings-regio Rijk van Maas en Waal en Nederland.

Informatie: beschikbaarheid en behoefte

Eerste stap in het proces is het verzamelen van basisinformatie over ondergrond en bovengrond (systeemanalyse). Belangrijke ondergrondgegevens zijn: geologie, geomorfologie, watersysteem, bodemopbouw, hoogte en menselijke objecten in de ondergrond. Belangrijke bovengrondgegevens zijn landgebruik (topografie) en bebouwing(s)historie). In Nijmegen is gekozen voor het afleiden en weergeven van de stadsgenese. Deze verbeeldt de ontwikkeling van het (bebouwd) gebied in relatie tot het natuurlijke systeem. Dit feitenrelaas van 'hoe het nu is' en 'waarom het is zoals het is' (hoe ontstaan) vormt de basis voor de verdere analyses. Daarnaast is een digitale stadsatlas (in pdf-format) ontwikkeld (werkgroep stadsatlas, 24 februari 2020) met allerlei kaartmateriaal over de stad.



Landschapstypen en -vormen en generieke redeneerlijnen voor klimaatadaptatie

Voor de publicatie 'De stadsgenese, Cultuurhistorie en het natuurlijke systeem als gids voor klimaatadaptatie en stedelijke ontwikkeling' (STOWA, RCE, 2021) zijn landschapstypen en -vormen gedefinieerd die volgen uit logische, vereenvoudigde combinaties van geomorfologie en bodem (logisch vanuit oogpunt van klimaatadaptatie). Het resultaat is het begin van een landelijke kaart met een indeling in 11 landschapstypen met enkele tientallen landschapsvormen (zie afbeelding in paragraaf 5.2). Vrijwel heel Nederland is zo in enkele tientallen landschapsvormen in te delen. Wij hebben per landschapsvorm in het pilot gebied generieke redeneerlijnen voor klimaatadaptatie opgesteld. Hierbij gebruiken we alleen landelijk beschikbare data. De redeneerlijnen gelden integraal voor alle (gebruikelijk voorkomende) klimaatdreigingen en gaan niet in op specifieke lokale klimaateffecten of lokale specifieke kenmerken van bodem en ondergrond.

Klimaatdreigingen en adaptatiemaatregelen zijn onlosmakelijk verbonden met de functie van het land: stad, landbouw en natuur. In overleg tijdens de expertmeeting op 30 maart 2020 is besloten dat deze studie zich focust op de functie 'stad'. Hierin kunnen wel stadslandbouw en stadsnatuur voorkomen, maar deze zijn minder relevant voor de redeneerlijnen.

Pilotgebieden: ondergrond en klimaatdreigingen

Gekozen is om op twee pilotgebieden nader te detailleren, met beide een andere fysisch geografische situatie: het laag gelegen Dukenburg en het op de helling van de stuwwal

gelegen Nijmegen-Midden. De klimaatdreigingen zijn in beeld gebracht in de [klimaat-effectatlas Rijk van Maas en Waal](#).

Integrale ontwerpprincipes klimaatadaptatie

Vanuit de generieke redeneerlijnen per landschapsvorm, en de lokale situatie van ondergrond en klimaatdreigingen, ontwikkelen wij integrale ontwerpprincipes voor klimaatadaptatie per landschapsvorm binnen de stadsdelen.

Relatie met andere ondergrond thema's

Het meenemen van het thema bodem en ondergrond in het gemeentelijk beleid is doorgesproken tijdens een werksessie met brede vertegenwoordiging uit Nijmegen en de regio. Verkend is op welke manier een gemeente de klimaatopgave met de andere ruimtelijke boven- en ondergrondse opgaven in relatie tot de ondergrond, integraal kan verwerken in een omgevingsvisie en andere ruimtelijke plannen.

Samenwerking bij de aanpak

Deze studie is uitgevoerd door TAUW en STOWA, in nauwe samenwerking met Gemeente Nijmegen, Waterschap Rivierenland en Provincie Gelderland, met bijdragen van WEnR en GrondRR, TNO en betrokkenheid van de samenwerkende gemeenten in de regio van [Rijk van Maas en Waal](#) (Berg en Dal, Heumen, Nijmegen, Beuningen, Wijchen, Druten, West Maas en Waal), het [Gelders Ondergronds Overleg](#) en het UP-kennisproject '[Samen De Diepte In](#)'.

3 Data en informatie

3.1 Beschikbare data en informatie

Uit de inventarisatie van *beschikbare data* voor deze studie wordt het beeld bevestigd dat er vele data uit vele databronnen beschikbaar zijn over het natuurlijke systeem van bodem, ondergrond en (grond)water. Hierbij maken we onderscheid in lokaal (gemeente), regionaal (waterschap, provincie) en landelijk (Rijksinstellingen e.a.) beschikbare data.

Om de resultaten uit deze studie ook generiek toe te kunnen passen in de regionale samenwerking, de provincie en elders in het land, gaat de voorkeur uit naar het gebruik van landelijke openbare data. Dit kan worden aangevuld met lokale en regionale data die over het algemeen ook in andere gebieden beschikbaar is. Vele (grote en middelgrote) gemeenten, waterschappen en provincies hebben vergelijkbare databronnen als in deze studie. De data of kaarten die in deze studie worden gebruikt, kunnen ook 'afgeleide kaarten' zijn, die zijn gebaseerd op landelijk beschikbare data.

Voor het opstellen van generieke redeneerlijnen per landschapsvorm wordt uitgegaan van landelijke, openbare beschikbare databronnen. De geomorfologie van stedelijk gebied is nog niet landelijk en publiek beschikbaar. Voor Nijmegen is een afbeelding beschikbaar met de geomorfologische kaart binnen de stad (concept versie, niet opgenomen in de stadsatlas).

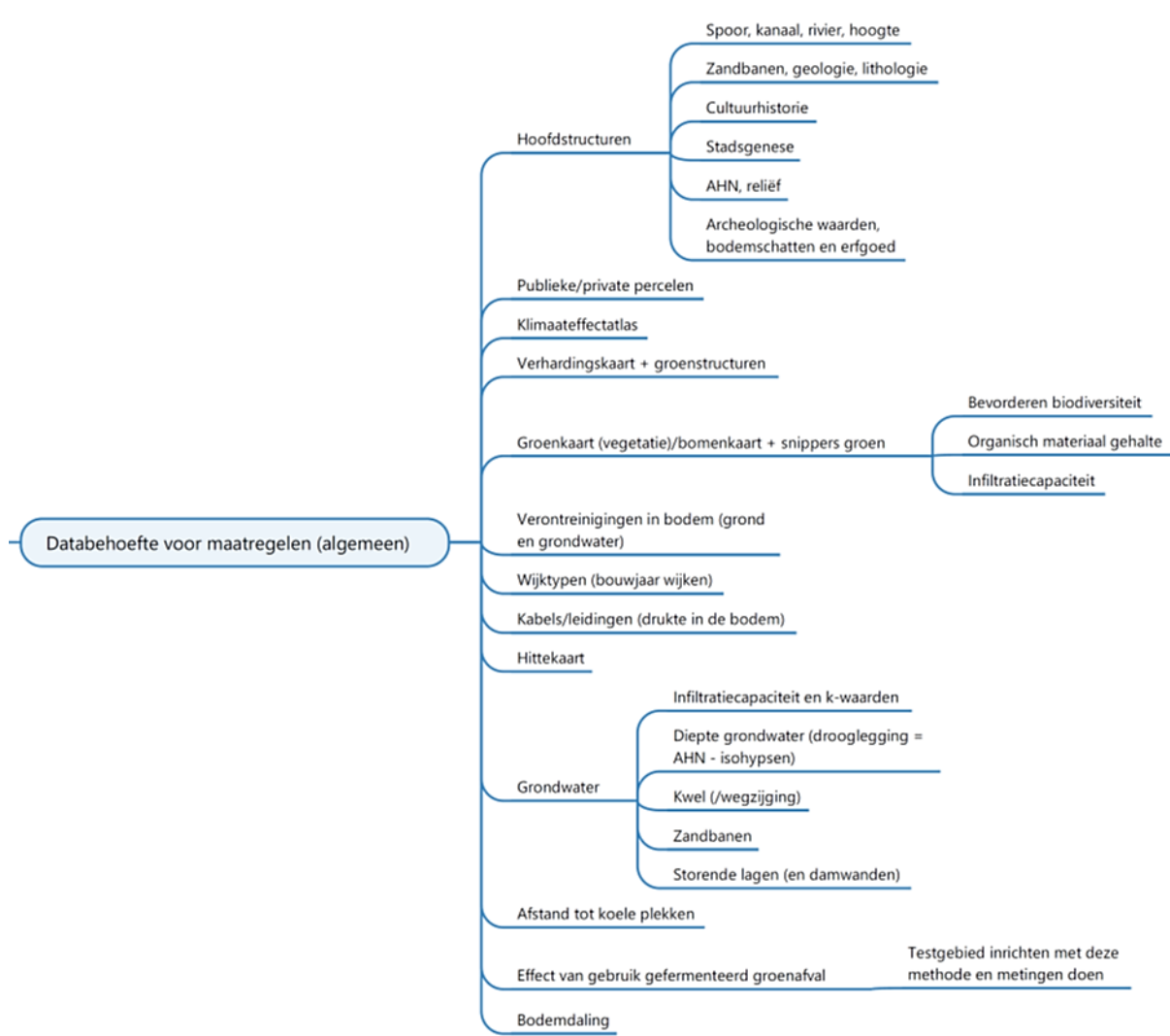
Voor de uitwerking van deze redeneerlijnen naar integrale ontwerpprincipes voor klimaatadaptatie in specifieke stadsdelen (toelichting verderop) wordt wel gebruik gemaakt van regionale en lokale databronnen naast landelijke bronnen.

In bijlage 1 is een overzicht van de databronnen opgenomen, zoals die uit de uitgevoerde inventarisatie volgt. De lijst van bronnen is lang, maar desondanks onvolledig. De verwachting is wel dat met deze bronnen de belangrijkste informatiebehoefte wordt ingevuld, zeker in de fase van het ontwikkelen van redeneerlijnen en ontwerpprincipes.

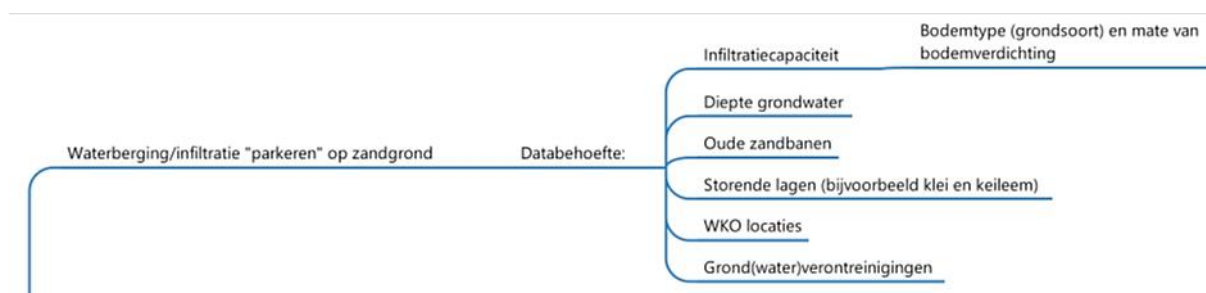
De uitdaging zit niet zozeer in het inzichtelijk krijgen van nog meer databronnen, maar in het slim combineren van databronnen tot bruikbare informatie, én het interpreteren ervan. Dat vergt dat data (bij voorkeur) in GIS beschikbaar zijn. De stadsgenese van Nijmegen en een groot deel van de Stadsatlas Nijmegen betreft kaarten en afbeeldingen die 'handmatig' zijn gegenereerd en daarom niet rechtstreeks gebruikt kunnen worden voor GIS-analyses.

3.2 Gewenste data en informatie

Op basis van de resultaten van een workshop op 10 februari 2020 is een overzicht van de *gewenste informatie* uitgewerkt (als onderdeel van een mindmap), die bijdraagt aan de bepaling van geschiktheid en effectiviteit van verschillende soorten adaptatiemaatregelen.



Wanneer wordt ingezoomd op specifieke maatregelen, bijvoorbeeld waterberging/infiltratie, dan zijn hiervoor aanvullende data nodig (zie hieronder).



Aan de hand van de uitwerking van redeneerlijnen naar ontwerpprincipes voor klimaatadaptatie worden de hiervoor benodigde data en databronnen gespecificeerd.

4 Basisinfo ondergrond en klimaat voor twee stadsdelen Nijmegen

4.1 Ligging

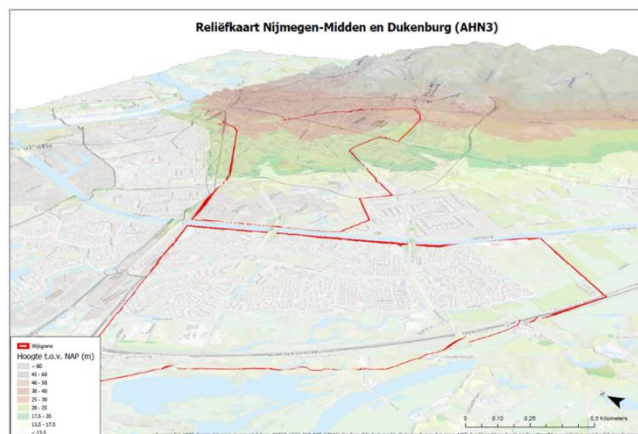
Tijdens het startoverleg is afgesproken om de studie uit te voeren voor twee stadsdelen in Nijmegen met een duidelijk verschillende ondergrond, Nijmegen-midden, een hoger gelegen stadsdeel, en Dukenburg, een lager gelegen stadsdeel (figuur).

Dukenburg

- ligging: tussen rijksweg (west), spoorlijn en N326 (noord), kanaal (oost) en natuur Vogelzang (zuid)
- oppervlak: 720 ha, waarvan circa 25 ha water
- wijken (9): Aldenhof, Lankforst, Malvert, Meijhorst, Staddijk, Tolhuis, Vogelzang, Weezenhof en Zwanenveld
- parken: Stadsdijk, Grand Canal en Uilenbosje
- inwoners/woningen en bedrijven: ca 22.000 inwoners in circa 11.000 woningen (50% corporatiebezit), circa 1.000 bedrijfsvestigingen
- cultuurhistorisch: kasteel en landgoed Duckenburg, bosrijk

Nijmegen-midden

- ligging: tussen kanaal (west), spoorlijnen (noord en oost) en S104 en S100 (zuid)
- oppervlak: 722 ha, waarvan circa 7 ha water
- wijken (5): Nije Veld, Hazenkamp, Goffert, Sint Anna, Heijendaal
- parken: Jonkerbos, Goffert, campus Radboud, Brakkenstein
- inwoners/woningen en bedrijven: bijna 19.000 inwoners in circa 9.000 woningen (40% corporatiebezit), ruim 1.500 bedrijfsvestigingen
- cultuurhistorisch: landgoed Brakkesteyn, bos en landbouw



4.2 Klimaat effecten

Er kan onderscheid worden gemaakt in de primaire en secundaire effecten van klimaatverandering en de klimaatdreigingen (en soms ook kansen) die daaruit volgen. Primaire effecten zijn op temperatuur, neerslag en zeespiegel. Secundaire effecten van klimaatverandering zijn wateroverlast, hitte, droogte en overstroming (de vier dreigingen volgens het Deltaprogramma Ruimtelijke Adaptatie). Deze effecten hebben hun uitwerking in een zeer grote verscheidenheid van klimaatdreigingen en raken alle sectoren in de maatschappij; van dalende arbeidsproductiviteit en extra sterfte door hitte

tot hagelschade in landbouw, van toename van exoten en infectieziekten tot bevaarbaarheid van rivieren.

Dit onderzoek focust op de stad (en omgeving). Mogelijke klimaatdreigingen voor het bebouwd gebied in Nederland zijn in navolgende tabel samengevat, waarbij de roodgekleurde cellen laten zien of het in de twee stadsdelen ook een relevante dreiging is. In beide stadsdelen is verzilting, grondwateroverlast, bodemdaling, aantasting houten funderingen geen (structureel) probleem (op wellicht een aantal lokale knelpunten na). Daarnaast is ook de afname van de biodiversiteit als klimaatdreiging te benoemen. Omdat dit echter een grote maatschappelijk opgave op zichzelf is, met meerdere oorzaken, en de inzet van relatief beperkte middelen voor deze studie, wordt de afname van de biodiversiteit niet meegenomen in deze studie.

Klimaatdreiging	Stadsdeel	Dukenburg	Nijmegen-Midden
14. overstroming			
15. verzilting			
16. regenwateroverlast			
17. grondwateroverlast			
18. wind, hagel en stormschade			
19. erosie			
20. bodemdaling en ongelijke zetting			
21. aantasting houten funderingen door te lage grondwaterstand			
22. natuurbrand			
23. verdroging van groen en natuur			
24. hittestress			
25. koelbehoefte/energieverbruik			
26. oppervlaktewaterkwaliteit			

Bronnen: regionale klimaateffectatlas Rijk van Maas en Waal, landelijke Klimaateffectatlas, overstroomik.nl

In de RAS van Rijk van Maas en Waal (2019) zijn de regionale klimaateffecten benoemd als te droog, te nat, te warm en overstromingsrisico's (figuur).

De urgentie

Op basis van de uitgevoerde regionale stresstesten in de regionale klimaateffectatlas en de risicodialogen is geconcludeerd dat de regio gevoelig tot zeer gevoelig is voor alle klimaateffecten. Deze effecten hebben hun uitwerking in een zeer grote verscheidenheid.

Van toename van bosbrandgevaar tot extra sterfte door hitte, hagelschade in de landbouw en tot wateroverlast in huis en op straat. Maar ook tot uitval van nutsvoorzieningen, watertekort voor landbouw en natuur en waterkwaliteitsproblemen.

Daarnaast is er een toename van exoten en infectieziekten, dalende arbeidsproductiviteit en problemen rond de bevaarbaarheid van rivieren.

In deze strategie richten wij ons op de grotere problemen die problemen die binnen de invloedssfeer zitten van de regionale overheden en stakeholders om iets aan te doen. Zowel wat betreft het voorkomen, het accepteren, als het reguleren.

Te droog

Verdroging speelt in de hele regio en met name in natte natuur en bij waterbehoeftige landbouwgewassen, zoals fruitteelt. Het wordt bij extreme droogte moeilijker of zelfs onmogelijk om de watergangen te vullen met rivierwater zoals gebruikelijk. Als gevolg van langdurige droogte verergerd rondom de stuwwallen de bodemerosie en neemt op en rond de stuwwallen en andere hoge gebieden de kans op bos- en natuurbranden toe.

Te nat

Wateroverlast als gevolg van langdurige regenval en piekbuien speelt ook in de hele regio. Niet alleen in het heuvelachtige, oostelijke deel van de regio, waar zich lokaal heel veel water kan verzamelen, ook in het Land van Maas & Waal heeft men regelmatig hinder van ondergelopen straten, kelders, weilanden en akkers. Ook als gevolg van kwel ontstaat wateroverlast.

Te warm

Met name in de kernen speelt het probleem van hittestress tijdens zeer warme dagen (meer dan 30 graden). Vooral kwetsbare groepen, zoals zelfstandig wonende ouderen, zijn gevoelig hiervoor. Hittestress leidt tot hogere sterftecijfers. Daarnaast zorgt de warmte voor een toename van het energiegebruik (airco), voor dalende arbeidsproductiviteit, schade aan infrastructuur, hittestress onder vee en waterkwaliteitsproblemen waaronder meer kans op blauwalg.

Overstromingsrisico's

Zeespiegelstijging en extremen in de afvoer van de grote rivieren zorgen voor een verhoging van het overstromingsrisico voor het toch al overstromingsgevoelige poldergebied. Ten opzichte van de andere risico's is dit extra risico door de toch al hoge beschermingsrisico's van de dijken zeer beperkt. Echter, de impact op het gebied is zeer groot. Door het verschil in impact komen de overstromingsrisico's maar beperkt aan de orde in de RAS. Te weten bij de vitale en kwetsbare functies en meerlaagse veiligheid.

Een te veel aan versterking en het ontbreken van voldoende groen verergeren de problemen van te nat, te droog en te heet.

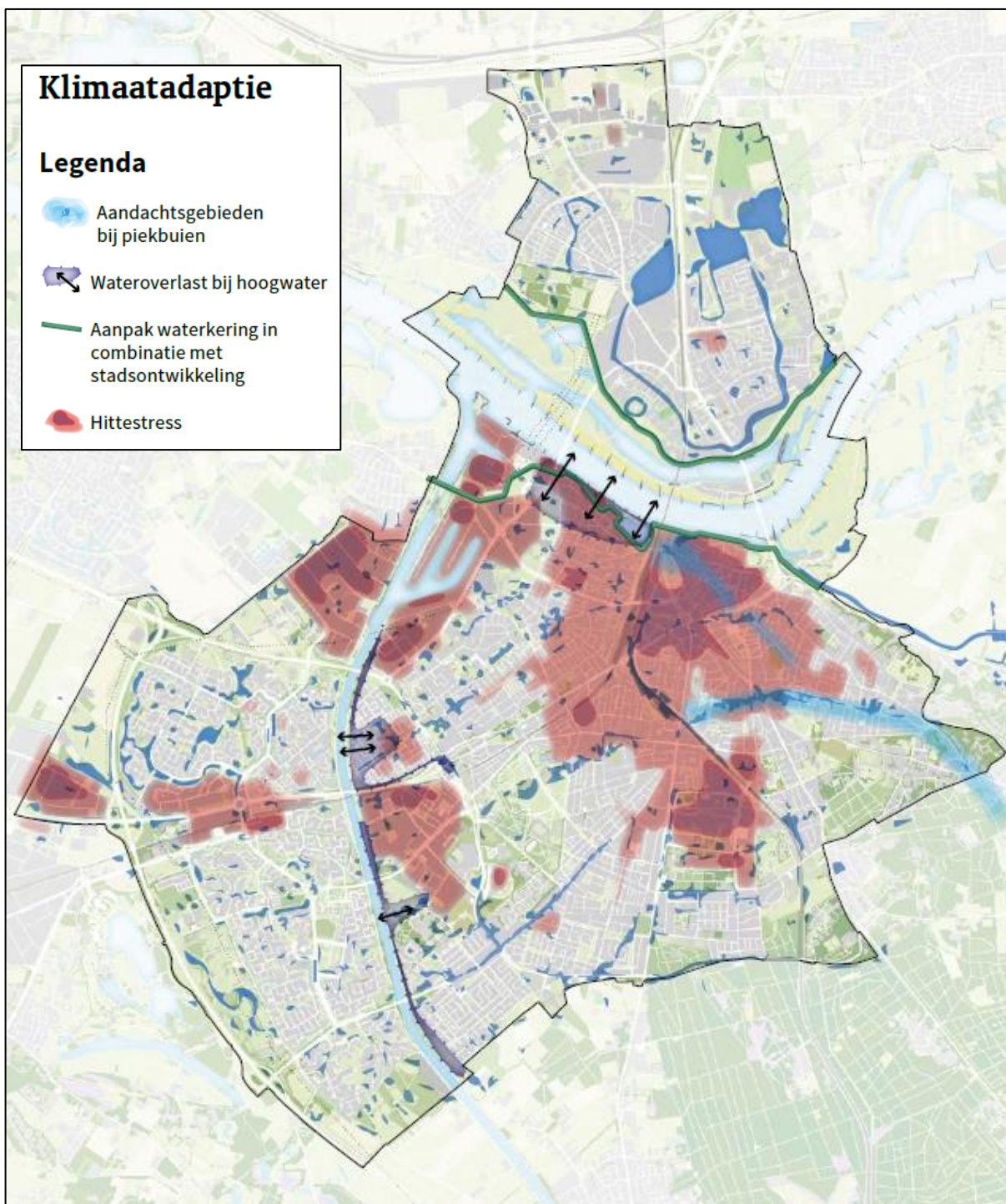
In 2018 heeft de regio deze kwetsbaarheden digitaal in kaart gebracht in een regionale klimaateffectatlas, de storymap.

Deze regionale klimaateffectatlas geeft een overzicht van de huidige stand van zaken van kennis en informatie over de potentiële klimaatkwetsbaarheden van de regio.

Klik hier voor de regionale klimaateffectatlas en/of kijk op www.climateadaptationservices.com

Bron: Regionale Adaptatie Strategie Rijk Van Maas & Waal, versie 2.8 - 22 mei 2019

In de omgevingsvisie is een samenvattende kaart van de klimaatdreigingen gemaakt (figuur), waarbij aangesloten wordt bij te nat (aandachtsgebieden bij piekbuien), te warm (hittestress) en overstromingsrisico's (wateroverlast bij hoogwater) uit de RAS. Voor 'te droog' is geen kaart aanwezig, ondanks dat dit wel speelt binnen de regio.



Bron: Nijmegen, stad in beweging - Omgevingsvisie 2020-2040

In bijlage 2 zijn verschillende kaarten van de klimaateffecten voor de twee stadsdelen opgenomen.

Tot nu toe zijn de volgende ontbrekende data geconstateerd, waarvan de beschikbaarheid wel gewenst is:

- geomorfologische kaart voor bebouwd gebied in GIS-formaat
- definitieve indeling landschapstypes en -vormen
- informatie over ophooglagen (antropogene laag in GeoTOP, default 0,5 m indien onbekend en geen onderscheid als in voorkomende gevallen bouwzand in zandgebied is toegepast)
- stadsgenese, in GIS-formaat
- kaarten uit de stadsatlas in GIS-formaat
- een aantal lokale (gemeentelijke) kaarten in GIS-formaat, zoals diverse hittekaarten.

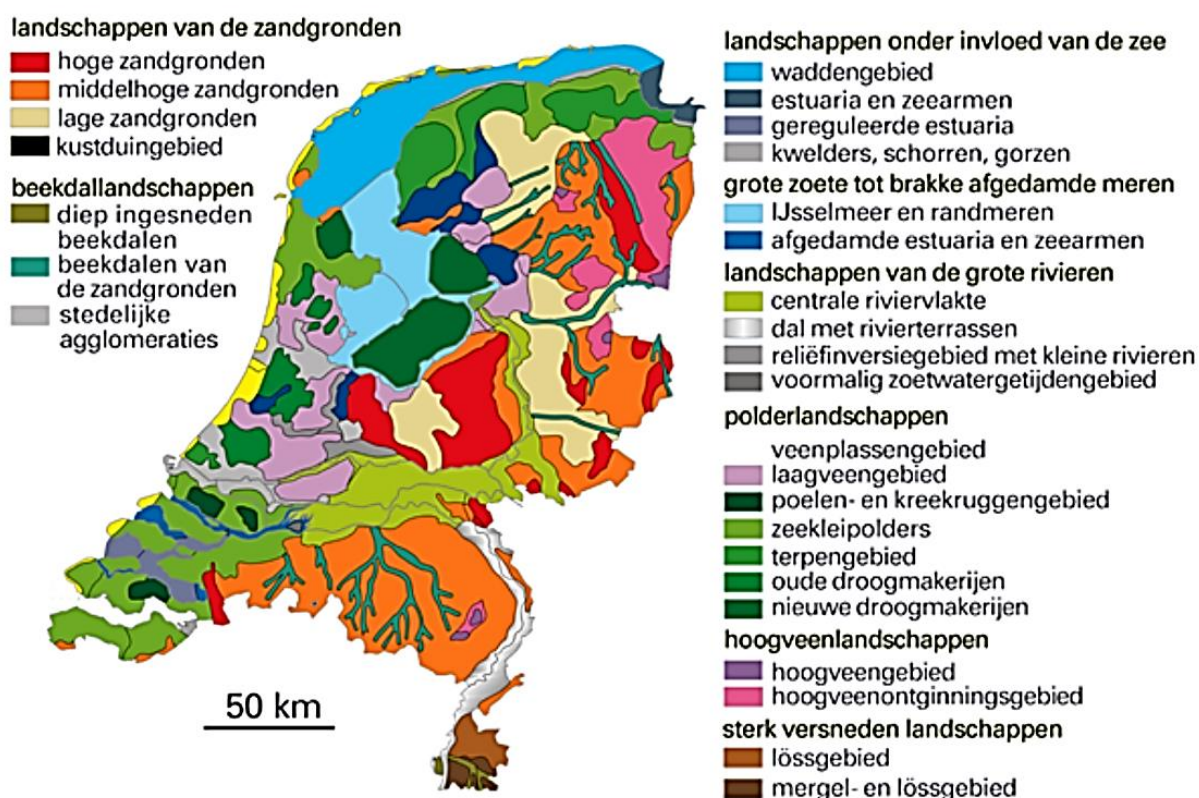
4.3 Ondergrond op landelijke schaal

De beschrijving van de ondergrond bestaat (of kan bestaan) uit de volgende elementen:

- Fysisch-geografisch landschapstype: geomorfologie, hoogteprofiel, grondsoorten
- Bodemopbouw: grondslag/textuur, waterdoorlatendheid
- Water: grondwater, oppervlaktewater
- Antropogeen ondergronds gebruik: verontreiniging, archeologie, ondergronds bouwen, kabel en leidingen etc. (drukke in de ondergrond)

Nederland bevat een aantal fysisch-geografische hoofdlandschappen, zoals te zien is in navolgende figuur (Berendsen, 2008, naar Wetenschappelijke Atlas van Nederland, deel 16). Ieder hoofdlandschap bevat een aantal geomorfologische eenheden. Opvallend is dat stedelijke agglomeraties als landschapstype worden genoemd, maar tegelijk een witte vlek zijn voor wat betreft de ondergrond.

In deze systematiek bevat gemeente Nijmegen de eenheden hoge en middelhoge zandgronden en centrale riviervlakte.



Voor het project 'Nederlandse steden en hun ondergrond' is een versimpeling en integratie van geomorfologische en bodemkundige eenheden doorgevoerd. Heel Nederland is op deze manier in elf fysisch-geografische landschapstypen, zie afbeelding (bron: *De stadsgenese, Cultuurhistorie en het natuurlijke systeem als gids voor klimaatadaptatie en stedelijke ontwikkeling*, STOWA, RCE, 2021).

Elk landschapstype kent verschillende zogenaamde landschappelijke bodemeenheden, hier verder landschapsvormen genoemd. In totaal worden enkele tientallen landschapsvormen onderscheiden. In navolgend schema zijn de landschapsvormen van 7 van de 11 landschapstypen aangegeven. Deze indeling is in ontwikkeling en zal de komende tijd (in andere trajecten) nog verder worden uitgewerkt en aangepast.

Landschappen Steden en hun Ondergrond

- 1; Strandwallen en binnenduinrand
- 2; Zeekleipolders
- 3; Laagveen
- 4; Droogmakerijen en IJsselmeerpolders
- 5; Rivierengebied
- 6; Rivierterrassen
- 7; Stuwwallen
- 8; Keileemgebied
- 9; Essen en beekdalen
- 10; Voormalige hoogvenen
- 11; Heuvelland en lössgebied



Stuwwal	Rivierengebied	Rivierterras	Binnenduin	Es en beekdal	Zeeklei	Laagveen
Sw1 stuwwal stuwwal en leem Sw2 sandri/speel- zandwaier en leem spoelzand Sw3 daluitspeel- lingswaier daluitspeel- zand en leem Sw4 droogdal droogdalzand en leem Sw5 = Eb4 es esgrond Sw6 kleischot klei	Rg1 oeverwal/ stroomrug oeverwal/stroomrug zand of zavel Rg2 rivierkomvlakte rivierkomklei Rg3 uiterwaard uiterwaard klei en zand Rg4 uiterwaard rivierzand Rijn en Maas rivierdal of restgeul rivierzand, -klei of -veen Rg6 = Zk7 zoetwatergetij- devlakte gelaagd zand/ klei en veen	Rt1 rivierterras rivierterraszand Rt2 rivierduin rivierduinzand Rt3 rivierterras rivierterrasklei Rt4 = Eb10 dekzand dekzandzand Rt5 rivierklei klei	Bd1 strandwal strandwalzand Bd2 strandvlakte strandvlakte- zand Bd3 kustduinen kustduinzand	Eb1 dekzandrug dekzand Eb2 dekzand- vlakte dekzand Eb3 stuifzanddui- nen stuifzand Eb4 = Sw5 es esgrond Eb5 beekdal beekdal klei/ zand Eb6 beekdal laagveen Eb7 depressie dekzand/leem Eb8 depressie veen Eb9 laagveenvlakte laagveen Eb10 = Rt4 dekzand dekzandzand	Zk1 poelgrond poelklei Zk2 poelgrond vergraven veen Zk3 zeekleivlakte zeeklei Zk4 kreekinversie- rug kreekrug zavel en zand Zk5 kreekbedding kreekbedding- zand Zk6 terp terpaarde Zk7 = Rg6 est. klei klei Zk8 droogmakerij zeeklei en zand	Lv1 veenvlakte laagveen

Bron: De stadsgenese, Cultuurhistorie en het natuurlijke systeem als gids voor klimaatadaptatie en stedelijke ontwikkeling, STOWA, RCE, 2021

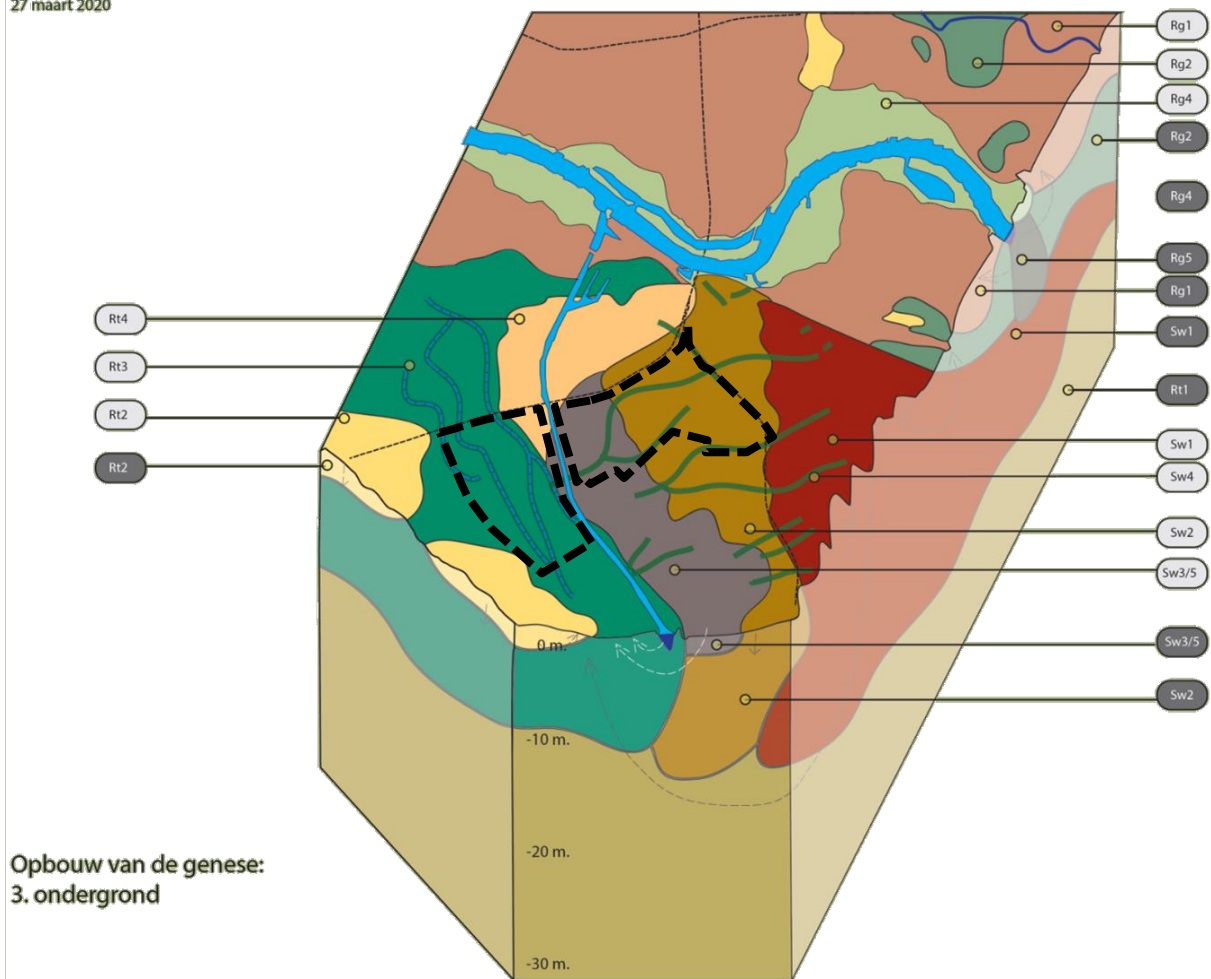
4.4 Ondergrond op regionale/lokale schaal

In de publicatie 'De stadsgenese, Cultuurhistorie en het natuurlijke systeem als gids voor klimaatadaptatie en stedelijke ontwikkeling' (STOWA, RCE, 2021) is voor acht steden een 3D visualisatie gemaakt van de relatie van de stad/dorp met hun ondergrond (stadsgenese). Hierbij is gebruikt gemaakt van een aanzet voor een gecombineerde landschapskaart met vereenvoudigde, logische combinaties van landschap, bodem en ondergrond, vanuit het perspectief van klimaatadaptatie. Deze is in concept gereed voor een aantal landschappen. De stadsgenese geeft de hoofdlijnen aan van de landschappelijke zonering. Voor toepassing op wijkniveau (o.a. voor klimaatadaptatie) is een uitwerking noodzakelijk met meer gedetailleerde informatie.

Nijmegen bevat binnen deze systematiek verschillende landschapsvormen, te weten: stuwwal, rivierterras en rivierengebied, met daarin verschillende landschapsvormen. Onderstaande afbeelding is samengesteld vanuit de concept versie van bovengenoemde deze publicatie, en bevat de binnenstedelijke geomorfologie. In de afbeelding zijn de geomorfologische landschapsvormen aangegeven en in de diepte de bodemsoorten en indicatie van de infiltratie- en kwelstromen. Het figuur is noordwaarts gericht, de bovenzijde van de 3D afbeelding is een vlakke projectie van de kaart (niet in perspectief).

Stadsgenese NIJMEGEN

27 maart 2020



Opbouw van de genese:
3. ondergrond

Te zien valt dat de volgende landschaps-
vormen in de stadsdelen voorkomen:

- Nijmegen-midden:
 - Sandr/spoelzandwaaier en leem (lichtbruin, Sw2)
 - Droogdal (mosgroen, Sw4)
 - Daluitspoelingswaaier / Es (donkerbruin, Sw3/Sw5)
- Dukenburg:
 - Rivierterras met dekzand (beige, Rt4),
 - Rivierterras (groen, Rt3), met opgevulde restgeulen doorsneden (blauw)

	Stuwwal	Rivierengebied	Rivierterras
Sw1	stuwwal stuwwalzand en leem	Rg1 oeverwal/ stroomrug zand of zavel	Rt1 rivierterras rivierterraszand
Sw2	sandr/spoel- zandwaaier en leem	Rg2 rivierkomvlakte	Rt2 rivierduin rivierduinzand
Sw3	spoelzand	Rg3 rivierkomklei	Rt3 rivierterras rivierterrasklei
Sw4	daluitspoel- lingswaaier daluitspoelings- zand en leem	Rg4 uiterwaard	Rt4 = Eb10 dekzand dekzandzand
Sw5 = Eb4	droogdal droogdalzand en leem	Rg5 uiterwaard rivierzand Rijn en Maas	Rt5 rivierklei klei
Sw6	es esgrond	Rg6 = Zk7 rivierdal of restgeul rivierzand, -klei of -veen	
	kleischot klei	zoetwatergetij- devlakte gelaagd zand/ klei en veen	

Hierna worden deze landschapsvormen kort toegelicht (bronnen: De stadsgenese, Cultuurhistorie en het natuurlijke systeem als gids voor klimaatadaptatie en stedelijke ontwikkeling (STOWA, RCE, 2021) en Stadsatlas (Nijmegen, februari 2020). In bijlage 3 is een uitgebreidere beschrijving hiervan opgenomen.

Sandr / spoelzandwaaier (Sw2)

Een sandr is een spoelzandvlakte of -waaier voor een ijskap of gletsjerfront. Een sandr bestaat uit grof tot zeer grof zand en grind dat met het smeltwater van het landijs over de stuwwal stroomde en op de flanken van de stuwwal werd afgezet. Het oude centrum van Nijmegen en de eerste uitbreidingswijken van de stad liggen op een sandr. Een ander woord voor sandr is spoelzandwaaier.

De dikte van deze sandr afzettingen bedraagt ter hoogte van Nijmegen ongeveer 40 m. Lokaal is een dunne laag dekzand over de spoelzandwaaier afgezet. De helling van de sandr is lang en met een verhang van circa 5 m/km minder steil dan de meeste stuwwalhellingen. Evenals op de stuwwal rekenen we de bodems op de sandr tot de bruine bosgronden.

Delen van de sandr zijn als bouwland gebruikt waardoor op de natuurlijke bodem een circa 30 cm dikke cultuurlaag is gevormd. De bodem is in het algemeen goed doorlatend, de vochtbeschikbaarheid is in droge perioden beperkt. Het grondwater bevindt zich op een diepte van 10 tot 30 meter beneden maaiveld.

Droogdal (Sw4)

Droogdalen zijn erosiedalen in de stuwwal en spoelzandwaaier die door erosie van afstromend sneeuwsmeltwater in de laatste ijstijd zijn gevormd. We noemen ze droogdalen omdat in deze erosiedalen geen natuurlijke waterloop meer stroomt. In zuidwestelijk richting loopt een aantal grote droogdalen door de stad naar het laaggelegen gebied. Een daarvan is het Hengstdal dat oorspronkelijk doorliep tot in het latere Hatert.

De bodem van droogdalen is met erosiemateriaal opgevuld en heterogeen van samenstelling. Daarnaast kan er op de dalflanken wat dekzand of löss zijn afgezet. Droogdalbodems zijn zandig, (zwak) leemhoudend en over het algemeen wat fijner van textuur en daardoor iets minder doorlatend dan de bodems in de aangrenzende stuwwal of spoelzandwaaier.

Daluitspoelingswaaier / Es (Sw3 / Sw5)

Aan de voet van de sandr ligt een zone met flauw hellende glooiingen en waaiers. Het bestaat uit een mengsel van dekzand en erosiemateriaal dat van de stuwwal via de droogdalen is aangevoerd en in de dalmonding over het rivierterras is afgezet.

Deze gronden zijn heterogeen gelaagd door het steeds van samenstelling wisselde erosiemateriaal dat door de droogdalen werd afgevoerd. Er komen zowel grofzandige leemarme, als fijn zandige lemige bodems in deze zone voor. Blijkbaar waren deze gronden in het verleden in de regio de meest geschikt locaties voor landbouw. Door plaggen- of potstal-bemesting zijn dikke bruine enkeerdgronden gevormd met een humushoudende bovengrond van circa 50 cm dik. Deze gronden zijn in het algemeen matig doorlatend, maar hebben, mede door de dikke cultuurlaag, een goede vochtbeschikbaarheid. Het grondwater bevindt zich in deze zone op een diepte van 2,5 tot 7,5 meter beneden maaiveld.

Enkeerdgronden en esgronden worden beide als term gebruikt. De eerste is een bodemkundige term, de tweede een landbouwkundige term.

Rivierterras (Rt3)

Het rivierterras is gevormd door vlechtende riviersystemen van Rijn en Maas. Het bestaat uit een zand- en grindvlakte doorsneden met geulen, licht hellend naar het noordwesten.

Het zandige rivierterras is afgedekt met een 0,5-1 meter dikke stugge zandige kleilaag. De bodems op het terras worden gerekend tot de oude rivierkleigronden. De zandige ondergrond is goed doorlatend, maar de afdekkende kleilaag beperkt de verticale doorlatendheid en maakt deze bodems gevoelig voor stagnatie en plasvorming bij hevige neerslag en langdurige natte perioden. De gelaagde opbouw kan beperkend werken op de vochtbeschikbaarheid tijdens droge perioden. In de winterperiode kan de grondwaterstand tot aan het maaiveld reiken, om in de zomerperioden weg te zakken naar circa 1,2 m beneden maaiveld. Het rivierterras staat sterk onder invloed van kwel vanuit het stuwwalmassief. De stugge kleilaag fungeert daarbij als afdekkende laag. Voor de stadsuitbreiding Dukenburg is het rivierterras opgehoogd met een circa 1 meter dikke bouwlaag.

Rivierterras met dekzand (Rt4)

Zie Rt3, maar met een dekzandlaag liggend op het rivierterras. Naast een aantal andere wijken buiten de stadsdelen Dukenburg en Nijmegen-Midden (zoals Neerbosch en Heseveld), ligt ook de wijk Zwanenveld (Dukenburg) op een deel van het rivierterras dat bedekt is met 1 tot 1,5 m dekzand. Het vlechtend geulpatroon is hier niet zichtbaar en de afdekkende stugge kleilaag ontbreekt hier (vrijwel) volledig, waardoor deze gronden beter/goed doorlatend zijn. Het grondwater bevindt zich in deze zone op een diepte van 2 tot 4 m beneden maaiveld.

Antropogeen ondergronds gebruik

Bij het bouwen van de stad heeft de mens in de oorspronkelijke ondergrond gegraven, ontgraven, opgevuld en opgehoogd. Voor klimaatadaptatie is dat zeer relevant, omdat op een slecht doorlatende bodemlaag een goed doorlatende ophooglaag kan zitten, zoals in Dukenburg ook het geval is. Betrouwbare informatie over de dikte en samenstelling van de ophooglaag ontbreekt echter in landelijke datasets.

Het antropogeen bodemgebruik is relevant, omdat klimaatadaptatie niet de enige maatschappelijk opgave is waarvoor de bodem benut wordt. Verontreiniging, archeologie, ondergrondse bouwwerken, kabel en leidingen etc. leiden tot drukte in de ondergrond. Bij projecten of programma's waar de ondergrond benut gaat worden, zoals klimaatadaptatiemaatregelen, dient een afweging plaats te vinden over het ondergrondse ruimtegebruik.

5 Redeneerlijnen en integrale ontwerpprincipes voor klimaatadaptatie

5.1 Ontwikkelde methode

De ontwikkelde methode bestaat uit drie onderdelen: de systeemanalyse, redeneerlijnen en ontwerpprincipes. Deze onderdelen variëren in schaal (van stad en omgeving tot wijk of buurt), in toepassing en in doelgroepen. Deze drie onderdelen kun je los of na elkaar toepassen:

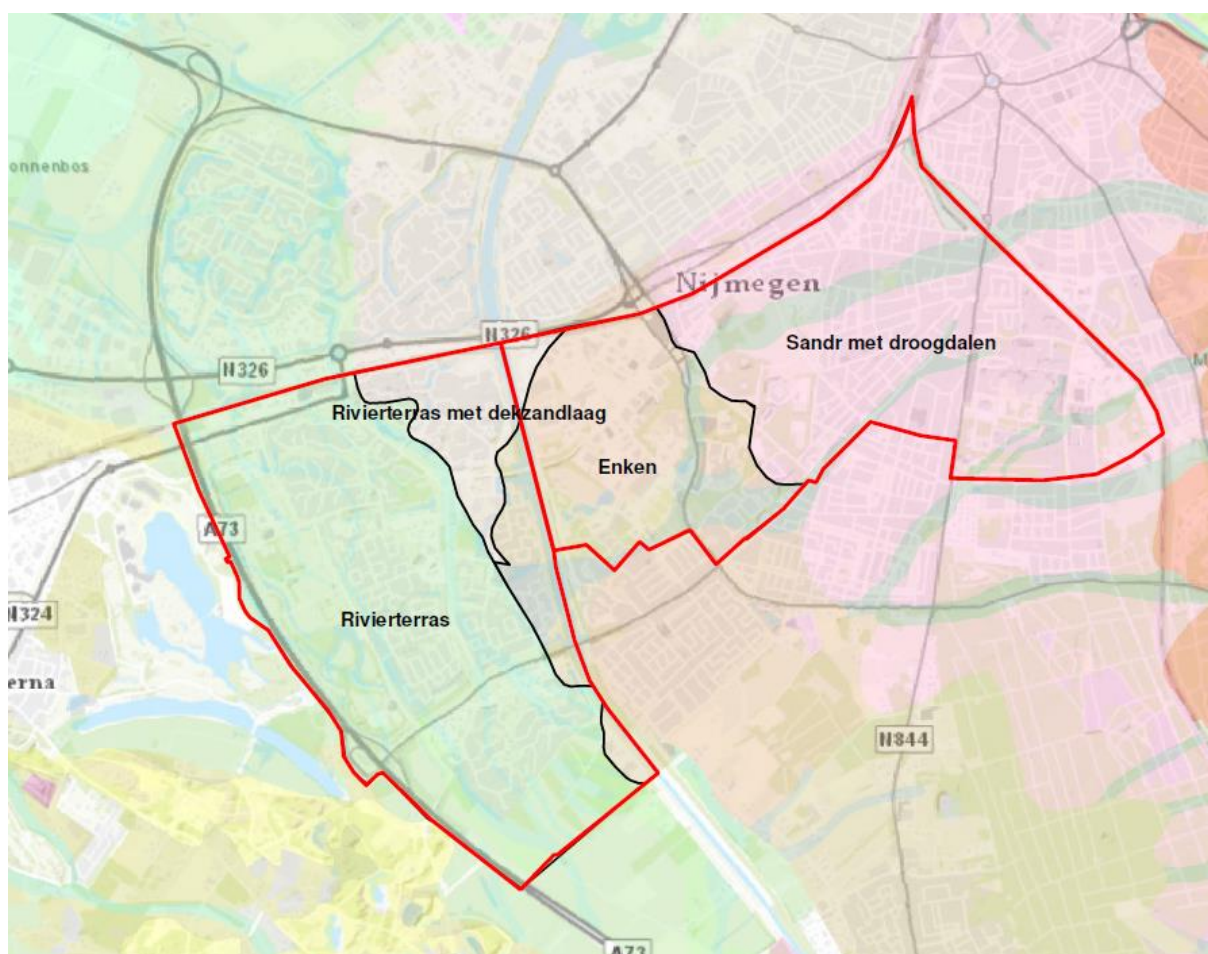
1. Systeemanalyse
De systeemanalyse geeft inzicht in 'het DNA van de stad en omgeving': de eigenheid, werking en dynamiek van het natuurlijke systeem van bodem, ondergrond, landschap, water en cultuurhistorie.
2. Redeneerlijnen
Redenerend vanuit het DNA van de omgeving en de klimaatopgaven is met verhalende redeneerlijnen een vertaalslag maken naar de kansen en beperkingen van bodem en ondergrond voor klimaatadaptatie.
3. Ontwerpprincipes
Voor klimaatadaptatie op wijk- en buurtniveau zijn ontwerpprincipes goed toepasbaar. Ontwerpprincipes geven integrale oplossingsrichtingen voor klimaatadaptatie door een gebiedsgerichte uitwerking van de redeneerlijnen.

In onderstaand stappenplan zijn voor deze drie onderdelen aangegeven welke stappen daarvoor doorlopen moeten worden, wat de plaats hiervan kan zijn in het (gemeentelijke) werkproces en welke data en informatie daarbij nodig is.

Onderdeel	Stappen	Plaats in proces	Data en informatie
1. Systeemanalyse	1a. Inventariseren en bewerken van data	Basisinformatie op orde	Geomorfologische kaart, GeoTop model, bodemkaart, AHN, kwelstromen, waterstructuur (BRO-loket en data waterschap)
	1b. Analyse data en interpreteren landschapsvormen	Basisinformatie op orde	Verhaal systeemanalyse / stadsgenese
	1c. Klimaatdreigingen per landschapsvorm per deelgebied / wijktype	Stresstest systeem	Stresstesten klimaat
2. Redeneerlijnen	2a. Vertaling van landschappelijke bodemeenheden en klimaatdreiging in verhalende principes voor klimaatadaptatie maatregelen	Ondersteuning beleids- en planontwikkeling	Generieke redeneerlijnen beschikbaar in (regionale) klimaateffectatlas
3. Ontwerpprincipes	3a. Aangeven prioriteiten gebiedsgerichte ontwerpprincipes (laag, middel, hoog), voor in achtergronddocument bij Omgevingsvisie	Gemeentelijke Omgevingsvisie	Prioriteiten ontwerpprincipes in GIS-omgeving bij Omgevingsvisie
	3b. Toepassing ontwerpprincipes in ruimtelijke ontwerp, rekening houden met prioriteiten	Vorbereiding ruimtelijke ontwikkelingen	Ontwikkelopgaven, type bebouwing, typen landschappelijke bodemeenheden

Toelichting stappenplan

Er is gebruik gemaakt van databronnen die tenminste op landelijk niveau en kosteloos beschikbaar zijn (bijv. via BRO of PDOK). De geomorfologie vormt qua schaalniveau een bruikbare basis voor de beschrijving van de fysische geografische eigenschappen van een landschapsvorm: bodemsamenstelling, hoogteprofiel, watersysteem en daaraan gerelateerd (van oudsher) de flora/fauna en het menselijk bodemgebruik (bos, landbouw, bebouwing). Diezelfde bodemeigenschappen bepalen in belangrijke mate de impact van het klimaateffect en de adaptatieprincipes. Als voorbeeld: de stuwwal bestaat uit grofzandig materiaal, door het hoogteprofiel staat het grondwater dieper, de mens gebruikt het van oudsher voor bos, het huidige bebouwd gebied is gevoelig voor klimaateffect 'droogte', de bodem kan benut worden om klimaateffect 'piekneerslag' op te vangen vanwege goede waterdoorlatendheid.



Landschapsvormen binnen pilotgebieden Dukenburg en Nijmegen-Midden

Volgens de methode zoals beschreven in paragraaf 4.3 zijn binnen deze studie drie van de elf landschapstypen voor gemeente Nijmegen relevant, namelijk: stuwwallen, rivierengebied en rivierterrassen. Bij klimaatadaptatie in een bepaald type landschap spelen de landschapsvormen een grote rol. De overgang tussen twee verschillende landschapsvormen (bijvoorbeeld droogdal in sandr) bepaalt mede welke kansen bodem en ondergrond bieden voor klimaatadaptatie.

Voor de redeneerlijnen is geen verdergaande verfijning in de landschapsvormen gemaakt, bijvoorbeeld 'stuwwal' naar 'leemarme stuwwallen' of 'grofzandige stuwwallen'). De bodemopbouw, grondwatersituatie, antropogene ingrepen en

cultuurhistorie worden wel meegenomen in de uitwerking naar lokale inrichtings- en ontwerpprincipes voor de stadsdelen.

Naast de kansen zijn er ook beperkingen vanuit de bodem en ondergrond. Deze beperkingen zijn vaak locatiespecifiek (bijv. grondwaterbeschermingsgebied of aanwezigheid van bodem- of grondwaterverontreiniging). Deze beperkingen krijgen hun invulling bij de uitwerking van de redeneerlijnen in lokale inrichtings- of ontwerpprincipes voor een bepaald gebied (in deze studie de twee stadsdelen).

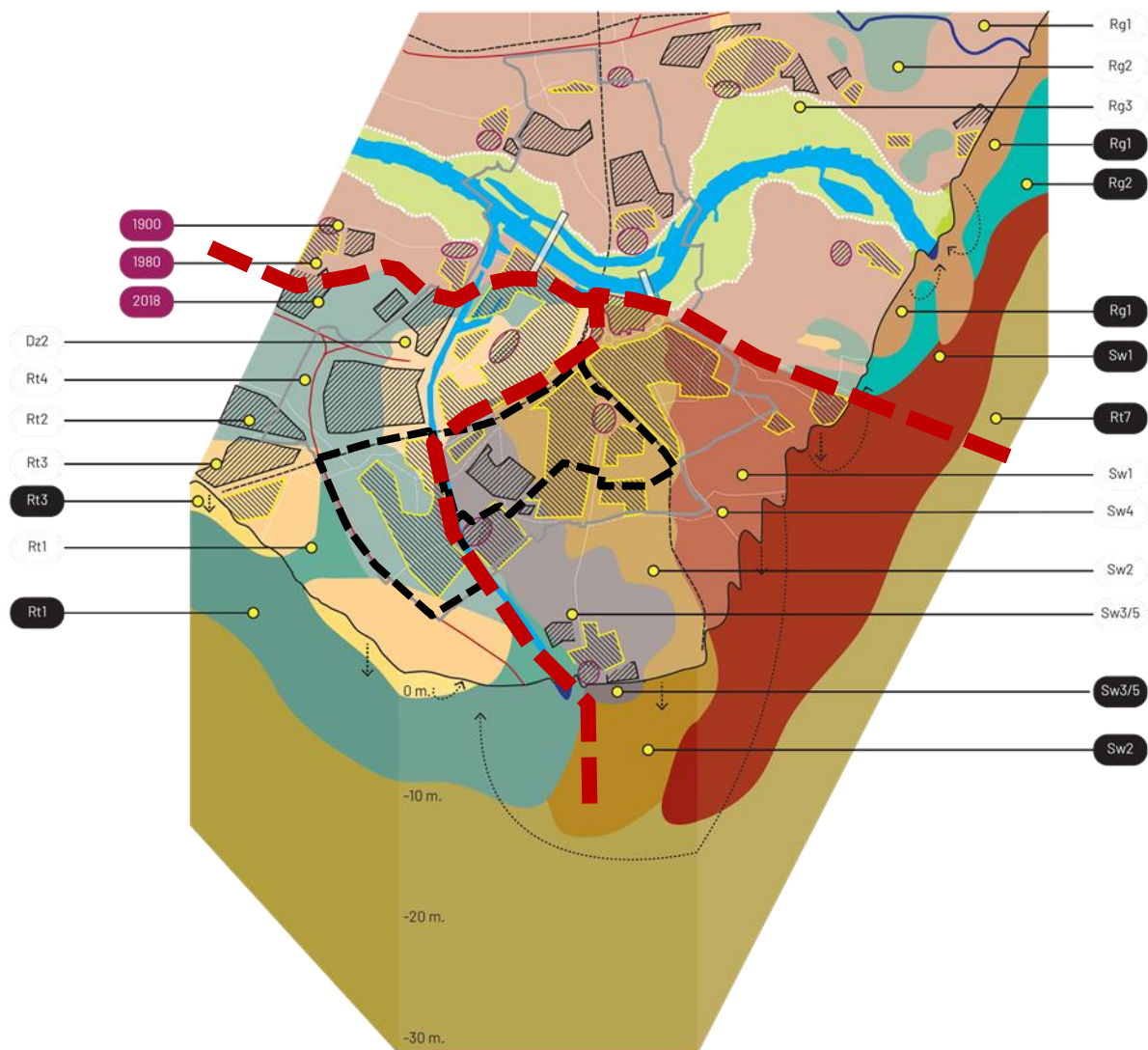
Als input voor het afleiden van ontwerpprincipes voor klimaatadaptatie hebben wij de volgende informatiebronnen gecombineerd:

1. de fysische kenmerken van de bodem
belangrijkste bronnen: geomorfologische kaart, bodemkaart, lokale bodemdata (bijv. uit onderzoek naar verontreinigingen), stadsatlas (waarvoor diverse bronnen worden gebruikt), fysische kenmerken van de bodem (doorlatendheid, watervasthoudend vermogen, etc.)
2. de relevante klimaatopgaven
belangrijkste bronnen: landelijke en evt. regionale klimaateffectatlas, aanvullende lokale (detail)onderzoeken (ook waarneming, monitoring en beheerdersoordeel). In bijlage 2 zijn verschillende kaarten van de klimaateffecten voor de twee stadsdelen opgenomen.
3. de karakteristieken / werking van het grond- en oppervlaktewatersysteem
belangrijkste bronnen: grondwatermonitoring via Dinoloket, peilbesluitkaarten? Lokale informatie
4. de functie / het gebruik van de bovengrond
belangrijkste bronnen: TOP-kaarten, Basisregistratie (Grootschalige) Topografie
5. overig ondergronds bodemgebruik: infrastructuur, bouwen, etc.

5.2 Systeemanalyse

Nijmegen ligt, net als veel andere steden, op de grens van verschillende landschappen. In Nijmegen zijn dat er drie:

- De stuwwal aan de zuidoost zijde van roodbruine stippellijn in onderstaande afbeelding, waar een groot deel van de stad op ligt. Hier ligt ook het stadsdeel Nijmegen-Midden in.
- Het rivierterras aan de zuidwest zijde van roodbruine stippellijn in. Hier ligt het stadsdeel Dukenburg in.
- Het rivierengebied aan de noordzijde van Nijmegen, waar 'De Waalsprong' ligt.



Deze landschappen hebben elk hun eigen karakteristieke kenmerken en dynamiek, die een grote invloed hebben op 'het DNA van de omgeving' en op de toekomstige situatie. De meeste processen in het landschap zijn dermate langzaam, dat er generaties geen dynamiek waarneembaar is. Sommige processen zijn echter zeer dynamisch en zullen we binnen één generatie al de rekening moeten houden met de gevolgen daarvan. Zo slijt de rivierbedding van de Waal met 2 cm per jaar uit, dus ongeveer 60 cm in 2050. Dit zal grote invloed hebben op de waterhuishouding in het rivierengebied en het grondwater in het stuwwalgebied. Hier moet dus nu al rekening mee worden gehouden bij de

ontwikkeling en inrichting van de stedelijke omgeving. Ook voor de klimaatadaptatiestrategie is het goed om deze landschappen in beeld te hebben en bewust te zijn van de (door)werking daarvan.

- Het rivierengebied heeft een grote dynamiek, aangestuurd door de aanvoer van water vanuit Duitsland. De wisselende hoge en lage waterstanden in de rivier werken door in de omgeving, via kwel en door wateraanvoer en -afvoer via zandbanen in de ondergrond. Door de bedijkingen is de dynamiek van overstroming van komgronden en oeverwallen verdwenen.
- Het rivierterrasgebied heeft vrijwel geen dynamiek meer sinds deze is afgekoppeld van de Maas. Plaatselijk is wel een relatief lage dynamiek in het landschap aanwezig, zoals het stuifduinencomplex Overasselts en Hatertse Vennen.
- Het stuwwalgebied heeft de laagste dynamiek van de drie landschappen. De dynamiek van het landschap staat niet onder invloed een water (bijv. een rivier) anders dan neerslag. Bij hevige neerslag kan erosie optreden door oppervlakkig afstromend regenwater. Door verhardingen in de bebouwde omgeving is deze erosie beperkt. De afvoer via droge dalen is hier deels belemmerd door bebouwing. De grondwaterstand en -stroming is in de bebouwde omgeving lager dan in de natuurlijke situatie, door de afvoer van neerslag via riolering en grondwaterwinning voor leidingwater. Door de 'verwoestijning' van de bodem in bebouwd gebied, riolering, grondwaterwinning en dalende rivierbodem is het stuwwalgebied steeds droger geworden.

5.3 Redeneerlijnen

Op basis van de klimaatopgaven en de fysische kenmerken van de vijf betreffende landschapsvormen in de twee stadsdelen, hebben we een aanzet gemaakt voor generieke redeneerlijnen, die invulling geven aan alle klimaatdreigingen (paragraaf 4.2) voor het bebouwd gebied (zie ook kaart).

Een redeneerlijn beschrijft de klimaatadaptatiestrategie die goed aansluit op de fysische kenmerken van de betreffende landschapsvorm. Per landschapsvorm kan deze redeneerlijn in principe verschillend zijn, maar zeker binnen hetzelfde landschapstype (bijv. stuwwal of rivierengebied) zullen er ook overeenkomsten tussen de redeneerlijnen zijn.

In navolgende tabel zijn de generieke redeneerlijnen voor klimaatadaptatie opgesteld voor de landschapsvormen die in Nijmegen-Midden en Dukenburg voorkomen. Deze vormen het vertrekpunt voor de uitwerking in integrale ontwerpprincipes voor klimaatadaptatie op wijkniveau.

landschaps- vorm	Bodem- eigenschappen	Relevante klimaatdreigingen bebouwd gebied	Redeneerlijn klimaatadaptatie
Sandr/spoel- zandwaaier en leem (Sw2)	• hoge infiltratie en doorlatendheid • hoge bodemberging • lage voorraad bodemvocht • (zeer) diepe grondwaterstand	• Regenwateroverlast, mede door snelle toestroming over maaiveld uit omgeving • verdroging • hittestress • oppervlaktewater-kwaliteit • erosie	• maximaal infiltreren en vasthouden neerslag in bodem • verbeteren watervasthoudend vermogen bodem • vergroten bodemleven • beperken verdamping neerslag en bodemvocht • inzet op schaduw tegen hitte • droogtebestendige bomen
Droogdal (Sw4)	• goede infiltratie en doorlatendheid • hoge bodemberging • lage tot matige voorraad bodemvocht • diepe tot zeer diepe grondwaterstand (afh. van plaats langs helling stuwwal)	• regenwateroverlast, mede door snelle toestroming over maaiveld uit omgeving • verdroging • hittestress • oppervlaktewater-kwaliteit • erosie	• maximaal infiltreren en vasthouden neerslag in bodem • toestromend regenwater uit omgeving (tijdelijk) bergen, maximaal vasthouden en infiltreren, rest vertraagd afvoeren • voorkomen blokkade afstromende neerslag door droogdalen, waarborgen • verbeteren watervasthoudend vermogen bodem • vergroten bodemleven • droogtebestendige bomen • benutten en accentueren natuurlijke (lijn)structuur van droogdal voor groene, koele vervoer-, sport- en recreatieve route • inzet op schaduw en verdamping tegen hitte
Daluitspoel- ingswaaier / Es (Sw3/Sw5)	• hoge infiltratie en doorlatendheid • hoge bodemberging • matige voorraad bodemvocht • diepe grondwaterstand	• regenwateroverlast mede door snelle toestroming over maaiveld uit omgeving • grondwateroverlast • verdroging • hittestress • oppervlaktewater-kwaliteit	• maximaal infiltreren en vasthouden neerslag in bodem • tijdelijk bergen afstromende neerslag • verbeteren watervasthoudend vermogen bodem • vergroten bodemleven • inzet op schaduw en verdamping tegen hitte
Rivierterras met dekzand (Rt4)	• matige infiltratie en goede doorlatendheid • ruime bodemberging • matige voorraad bodemvocht • matig diepe grondwaterstand	• overstroming • regenwateroverlast • grondwateroverlast • verdroging/verzilting • (houten) funderingen • hittestress • oppervlaktewater-kwaliteit	• maximaal infiltreren en vasthouden neerslag in bodem • tijdelijk bergen van afstromende neerslag aan oppervlak • verbeteren watervasthoudend vermogen bodem • vergroten bodemleven • inzet op schaduw en verdamping tegen hitte
Rivierterras (Rt3) met opge vulde restgeulen doorsneden	• matige tot lage infiltratie en lage doorlatendheid • lage bodemberging • hoge voorraad bodemvocht • relatief hoge grondwaterstand	• overstroming • regenwateroverlast • grondwateroverlast • verdroging/verzilting • (houten) funderingen • hittestress • oppervlaktewater-kwaliteit	• benutten oude geulen (waar mogelijk) voor opvang en infiltratie van neerslag • boven- en ondergrondse berging van regenwater • bij hevige neerslag, opvangen en bergen van afstromend regenwater in oppervlaktewater • tegengaan verdichting bodem (o.a. goede doorworteling) • inzet op schaduw en verdamping tegen hitte • versterken blauwe structuren

5.4 Ontwerpprincipes voor klimaatadaptatie

De lokale integrale ontwerpprincipes voor klimaatadaptatie zijn voor Dukenburg en Nijmegen-midden uitgewerkt. Deze principes zijn gericht op projectleiders, ontwerpers en adviseurs van publieke organisaties en particuliere initiatiefnemers van ruimtelijke ontwikkelingen. Hierbij worden de lokale eigenschappen van bodem en ondergrond, de lokale klimaateffecten en de generieke redeneerlijn voor de landschapsvormen meegenomen. Door de aanpak is echter niet de wijk maatgevend (afgezien van de specifieke klimaatstress), maar het binnen de wijk voorkomende landschapstype en landschapsvorm.

Vanuit expert-judgement hebben we een eerste invulling gegeven aan de lokale integrale ontwerpprincipes en uitgewerkt in tabellen per landschapsvorm.

Wij hebben in de twee stadsdelen geconstateerd dat het logisch is om enkele landschapsvormen samen te voegen, en op die manier in de bredere context te beschouwen. Bijvoorbeeld: droogdalen vormen een aparte eenheid maar zijn feitelijk lijnelementen in een omliggend gebied en functioneren als zodanig als een geheel. Op wijkniveau bepalen deze niet de aanpak. Uiteraard vormen de specifieke eigenschappen van dergelijke lijnelementen wel aandachtspunten binnen de wijk, bijvoorbeeld door de grotere klimaatimpact (natuurlijke 'opvanggoot' voor regenwater uit de omgeving). Op grond van dit inzicht is uitgegaan van één redeneerlijn per landschapsvorm.

Vanuit de lokale integrale ontwerpprincipes worden vervolgens (door specialisten) concrete maatregelen bepaald, hiervoor zijn verschillende overzichten beschikbaar. Zie www.ruimtelijkeadaptatie.nl.

Een eerste invulling van de lokale integrale ontwerpprincipes is opgenomen in onderstaande tabellen per landschapstype (zie volgende bladzijden).

Voor alle landschapstypen geldt dat ook overige ondergrondaspecten moeten worden meegewogen bij de keuze van maatregelen. Bijvoorbeeld:

- in grondwaterbeschermingsgebied (in wijken Heijendaal en St. Anna) alleen bovengrondse infiltratie
- indien grootschalige mobiele bodemverontreinigingen: onderzoek effect op verspreiding van verontreiniging. Is die te hoog, overweeg ter plaatse diep te infiltreren (onder verontreiniging) of neerslag eerst afvoeren en direct buiten verontreiniging infiltreren.
- Ondergronds ruimtegebruik door bijvoorbeeld bebouwing en kabels en leidingen.

Sandr/spoelzandwaaier met droogdalen, Sw2 en Sw4 (Nijmegen-midden)

Onderwerp	Invulling
Bodem en ondergrond	- Afhankelijk van plek in dal, van gestuwd zand, grof zand (spoelzandwaaier), tot dekzandachtig - diepe grondwaterstand, van diep tot heel diep - ontvangt afstromende neerslag uit omgeving, van stuwwal, spoelzand-/puinwaaier - geen aanvoer van water anders dan door neerslag - geheel inzijgingsgebied, over algemeen hoge infiltratiecapaciteit, goede infiltratiecapaciteit in de droogdalen (iets minder dan naast gelegen spoelzandwaaier) - bodem: storende/afsluitende leemlagen
Klimaatdreigingen Regenwateroverlast Hitte Droogte	- bebouwing in enkele droogdalen met hoog risico op regenwateroverlast - geen grondwateroverlast - afhankelijkheid groenvoorzieningen en groen in tuinen van hangwater, kans op verzwakking, ziektes en uitval (doodgaan) groen door droogte - relatief veel verkeersaders in droogdalen - bij veel groen in droogdalen hier relatief minder hittestress - hittestress met name in noordoostzijde stadsdeel, in gebieden met relatief veel verharding en groter afstand tot koele gebieden (zie ook bijlage 2) - verminderde waterkwaliteit van kunstmatige wateren (vijvers)
Redeneerlijnen Sandr/spoel- zandwaaier en leem (Sw2) en Droogdal (Sw4) (zie par. 5.3)	- maximaal infiltreren en vasthouden neerslag in bodem - verbeteren watervasthoudend vermogen bodem - vergroten bodemleven - beperken verdamping neerslag en bodemvocht - inzet op schaduw tegen hitte - droogtebestendige bomen - en specifiek in droogdalen: - toestromend regenwater uit omgeving (tijdelijk) bergen, maximaal vasthouden en infiltreren, rest vertraagd afvoeren - voorkomen blokkade afstromende neerslag door droogdalen, waarborgen - benutten en accentueren natuurlijke (lijn)structuur van droogdal voor groene, koele vervoer-, sport- en recreatieve route
Lokale integrale ontwerpprincipes	- maximaal infiltreren én vasthouden van neerslag Bij grondwaterverontreiniging (diep) met risico op verspreiding neerslag infiltreren waar het valt (diffuus, over groot oppervlak verspreid) of neerslag eerst afvoeren en direct buiten verontreinigingsgebied infiltreren. Voorkomen van oppervlakkige toestroom vanuit hoger gelegen delen (stuwwal), door daar maximaal te infiltreren. Water vasthouden door infiltratie in bodem om afstroming bij hevige regenval te voorkomen en grondwater op peil te houden. - groene inrichting met vitale, humusrijke, bodem voor ontvangst van toestromende extreme neerslag uit omgeving. Logische ligging parken in relatie tot de afstroming. Vochtige bodem is drager van schaduwrijk en droogtebestendig groen, waarmee hittestress aangepakt kan worden. - droogdal in samenhang met spoelzandwaaier bekijken. In droogdal streven naar groen en zo min mogelijk bebouwd. Voorkomen van bebouwing en objecten die kwetsbaar zijn voor regenwateroverlast, bestaande bebouwing wet- of dryproof maken, herbestemmen (geen kwetsbare functie) of op termijn afbreken. - in droogdal tijdelijk bergen van afstromende neerslag uit de omgeving, maximaal infiltreren vanuit berging, zo nodig vertraagd afvoeren naar watersysteem - vergroten herkenbaarheid droogdalen in landschap (identiteit) door o.a. groenstructuur - benutten lijnvormige groenstructuren voor koele wandel-fietsroutes - op sandr droogtebestendige, 'waterzuinige' boomsoorten die verkoeling geven door schaduwwerking - in droogdal (meer bodemvocht beschikbaar door andere bodemsamenstelling) droogtebestendige boomsoorten die verkoeling geven door zowel schaduw als verdamping - vasthouden van hangwater (onverzadigde zone) door verhogen van organisch stofgehalte bodem in wortelzone - combinatie in diep- en ondiep wortelend groen voor bodemleven.

Daluitspoelingswaaier / Es (Sw3 / Sw5) met droogdalen, Sw2 en Sw4 Nijmegen-midden

Onderwerp	Invulling
Bodem en ondergrond	• laag, maar hoger dan kommen • bodem: basis zand en grind met daarin geulen met fijner materiaal, , deels afgedekt door dekzand. • ontvangt afstromend oppervlaktewater van hoger gelegen delen van de stuwwal bij piekneerslag voor zover dat niet riool in gaat • grondwaterstand van diep tot relatief ondiep onderaan het stuwwalgebied • kwelwater van stuwwal in restgeulen, verder infiltratie • doorlatendheid goed, gelaagde bodemopbouw bepalend, ook in droogdalen goede infiltratiecapaciteit (iets minder dan op hoger gelegen stuwwal en spoelzandwaaier) • bodem per wijk verschillend: Lindenholt, Tolhuis
Klimaatdreigingen Regenwateroverlast Hitte Droogte	• kans op regenwateroverlast met name rond/in droogdalen • geen grondwateroverlast • afhankelijkheid groenvoorzieningen en groen in tuinen van hangwater, kans op verzwakking en uitval (doodgaan) groen door droogte • relatief veel verkeersaders in droogdalen • bij veel groen in droogdalen hier relatief minder hittestress • hittestress met name aan westelijke zijde stadsdeel, bij bedrijventerrein (Winkelsteeg) met relatief veel grote aaneengesloten verharde oppervlakken en weinig groen (zie ook bijlage 2) • verminderde waterkwaliteit van kunstmatige wateren (vijvers)
Redeneerlijn Daluitspoelings- waaier / Es (Sw3/Sw5) en Droogdal (Sw4) (zie par. 5.3)	• maximaal infiltreren en vasthouden neerslag in bodem • tijdelijk bergen afstromende neerslag • verbeteren watervasthoudend vermogen bodem • vergroten bodemleven • inzet op schaduw en verdamping tegen hitte • en specifiek in droogdalen: ◦ toestromend regenwater uit omgeving (tijdelijk) bergen, maximaal vasthouden en infiltreren, rest vertraagd afvoeren ◦ voorkomen blokkade afstromende neerslag door droogdalen, waarborgen ◦ benutten en accentueren natuurlijke (lijn)structuur van droogdal voor groene, koele vervoer-, sport- en recreatieve route
Lokale integrale ontwerpprincipes	1. maximaal infiltreren en vasthouden neerslag in bodem van neerslag. Methode afhankelijk van zand- of kleibodem. Infiltratievoorzieningen (ondergrondse en bovengronds) waar bodem slecht doorlatend is 2. tijdelijk bergen afstromende neerslag 3. groene inrichting met vitale, humusrijke, bodem voor ontvangst van toestromende extreme neerslag uit omgeving 4. benutten lijnvormige groenstructuren voor koele wandel-fietsroutes 5. vasthouden van hangwater (onverzadigde zone) door verhogen van organisch stofgehalte bodem in wortelzone 6. combinatie in diep- en ondiep wortelend groen voor bodemleven 7. op klei: groene/blauwe daken voor opvang hevige neerslag langzame afvoer naar de bodem 8. voor leefklimaat hitte: verkoeling geven door zowel schaduwwerking als verdamping

Rivierterras (Rt3) met geulen Dukenburg (excl. Zwanenveld)

Onderwerp	Invulling
Bodem en ondergrond	• relatief lage ligging, naast stuwwal, naast Maas-Waal kanaal • fijn bodemmateriaal, oude rivierklei, (sterk) zandig, dikke kleilaag overwegend circa 0,5 tot 1 m, soms paar meter dik, daaronder zand, matig fijn/grof, veelal sterk siltig, lokaal sterk grindig, op enkele locaties veen in ondergrond • doorsneden met geulen, afgedekt door dikke kleilaag • bodem: zeer slechte doorlatendheid, doorlatendheid zandige ondergrond goed • grondwaterstand circa 2 m onder maaiveld, fluctuatie zomer-winter beperkt tot gemiddeld circa 15 cm, nabij kanaal sterke invloed van waterpeil in kanaal • polder, beheerst oppervlaktewaterpeil • oude geulen (zand, zandbanen) • ondiepe kwel vanuit kanaal
Klimaatdreigingen Regenwateroverlast Hitte Droogte	• geen specifieke delen die vanwege landschap/hogteligging gevoeliger zijn voor regenwateroverlast • lage infiltratiesnelheid, weinig buffercapaciteit in bodem voor opvang extreme neerslag • lokaal en incidenteel optreden van grondwateroverlast • beheerst oppervlaktewaterpeil, relatie met ontwateringsdiepte, landgebruik is bepalend • minder droogtegevoelig dan droge hoge zandgronden; bij droogte verdampt groen minder en geeft minder verkoeling, daardoor meer hittestress • uitdroging klei scheuren in tuin, vermindert infiltratiecapaciteit, en risico ongelijke zetting bebouwing en infra • oppervlaktewaterkwaliteit en -kwantiteit: uitzakken waterpeil / toename watervraag voor peilhandhaving en opwarming oppervlaktewater / toename watervraag voor doorspoeling
Redeneerlijn Rivierterras (Rt3) met opgevulde restgeulen (zie par. 5.3)	• benutten oude geulen (waar mogelijk) voor opvang en infiltratie van neerslag • boven- en ondergrondse berging van regenwater • bij hevige neerslag, opvangen en bergen van afstromend regenwater in oppervlaktewater • tegengaan verdichting bodem (o.a. goede doorworteling) • inzet op schaduw en verdamping tegen hitte • versterken blauwe structuren
Lokale integrale ontwerpprincipes	1. neerslag opvangen in oppervlaktewater om peil op niveau te houden 2. neerslag opvangen en bergen in boven- en ondergrondse voorzieningen, ook op groenblauwe daken 3. waterberging op maaiveld door omschakeling van hemelwaterriolen naar wadistructuur 4. opvang en infiltratie extreme neerslag in oude geulen (diepinfiltratie, circa 3 tot 6 m diep) 5. goede doorworteling bodem en bodemleven 6. blauwe structuren, verbinden oppervlaktewater 7. groene/blauwe daken voor opvang hevige neerslag langzame afvoer naar de bodem 8. voor leefklimaat hitte: verkoeling geven door zowel schaduwwerking als verdamping

Rivierterras met dekzandlaag (Rt4) Dukenburg, Zwanenveld

Onderwerp	Invulling
Bodem en ondergrond	• relatief lage ligging, naast stuwwal, naast Maas-Waal kanaal • fijn bodemmateriaal, dikte dekzand, fijn tot matig fijn, circa 1 tot 1,5 m laagdikte, <i>(afsluitende kleilaag van rivierterras Rt3 met geulen is hier vrijwel geheel afwezig, op een incidentele locatie veen in ondergrond)</i>, daaronder zand, matig fijn/grof, veelal sterk siltig, lokaal sterk grindig • doorsneden met geulen, afgedekt door dekzandlaag • bodem: matige infiltratiecapaciteit, doorlatendheid zandige ondergrond goed • grondwaterstand circa 2 onder maaiveld, fluctuatie zomer-winter beperkt tot gemiddeld circa 10-25 cm • polder, beheerst oppervlaktewaterpeil • oude geulen (zand, zandbanen) • ondiepe kwel vanuit kanaal
Klimaatdreigingen Regenwateroverlast Hitte Droogte	• geen specifieke delen die vanwege landschap/hoogteligging gevoeliger zijn voor regenwateroverlast • minder droogtegevoelig dan droge hoge zandgronden • beheerst oppervlaktewaterpeil, relatie met ontwateringsdiepte, landgebruik is bepalend • kans op hittestress groter dan in overige deel Dukenburg, met name aan westzijde van Zwanenveld (winkelcentrum) • oppervlaktewaterkwaliteit en -kwantiteit: uitzakken waterpeil / toename watervraag voor peilhandhaving en opwarming oppervlaktewater / toename watervraag voor doorspoeling
Redeneerlijn Rivierterras met dekzand (Rt4) (zie par. 5.3)	• maximaal infiltreren en vasthouden neerslag in bodem • tijdelijk bergen van afstromende neerslag aan oppervlak • verbeteren watervasthoudend vermogen bodem • vergroten bodemleven • inzet op schaduw en verdamping tegen hitte
Lokale integrale ontwerpprincipes	1. maximaal infiltreren en vasthouden neerslag in bodem van neerslag 2. tijdelijk bergen afstromende neerslag 3. groene inrichting met vitale, humusrijke, bodem voor ontvangst van toestromende extreme neerslag uit omgeving 4. benutten lijnvormige groenstructuren voor koele wandel-fietsroutes 5. vasthouden van hangwater (onverzadigde zone) door verhogen van organisch stofgehalte bodem in wortelzone 6. combinatie in diep- en ondiep wortelend groen voor bodemleven 7. voor leefklimaat hitte: verkoeling geven door zowel schaduwwerking als verdamping

6 Samenhang met andere ruimtelijke opgaven en Omgevingsvisie

Hieronder wordt ingegaan op welke manier de systeemanalyse, redeneerlijnen en ontwerpprincipes een plek kunnen krijgen in de omgevingsvisie en de uitwerking van andere ruimtelijke opgaven en visies, zoals de woningbouwopgave en een regionale visie voor de omgeving over 20 jaar.

De gemeentelijke omgevingsvisie

In de omgevingsvisie zijn de ambities voor een gemeente beschreven en langs welke route(s) deze ambities gerealiseerd kunnen worden. De visie beschrijft hoe de maatschappelijke opgaven, zowel op het fysieke als sociale domein, een plek krijgen in de ruimtelijke ordening. Daarbij is onder andere van belang dat de leefomgeving goed bestand is tegen de gevolgen van klimaatverandering. Het bewustzijn van de gevolgen van klimaatverandering en het belang van een klimaatbestendige en waterrobuuste ontwikkeling zal naar verwachting in (vrijwel) alle omgevingsvisies een plek krijgen. Hierdoor zal het belang van klimaatadaptatie bij steeds meer partijen onder de aandacht komen. Om deze andere partijen te bereiken, is een andere, gezamenlijke taal nodig. Een 'droogdal' bijvoorbeeld is een belangrijk begrip voor de werking van het landschap, het effect van klimaatverandering en mogelijke oplossingen, maar zal voor velen een onbekend en abstract begrip zijn.

Daarom zijn in de omgevingsvisie voorbeelden nodig. Door beelden met een verhaal kan de noodzaak en urgentie van klimaatadaptatie en de belangrijke rol en betekenis van het natuurlijke systeem hierbij (ook in bebouwd gebied) duidelijk worden gemaakt. Met voorbeelden kan ook worden verteld wat er mis kan gaan als hier onvoldoende rekening mee wordt gehouden. De systeemanalyse of een stadsgenese vertelt dit verhaal in woord en beeld.

Waar meerdere grote maatschappelijke opgaven spelen, kunnen deze elkaar versterken (te koppelen, 'werk met werk' te maken), parallel aan elkaar lopen (geen onderlinge invloed) of conflicterend zijn. Vooral in het laatst geval zullen afweging en keuzes nodig zijn. Deze conflicten kunnen betrekking hebben op zowel het gebruik van de beperkte buitenruimte als bodem en ondergrond. Het verhaal van de systeemanalyse of stadsgenese alleen biedt onvoldoende richting voor deze keuzes. Voor een onafhankelijke afweging van ambities en belangen is inzicht in prioriteiten nodig. Alleen prioriteiten en meer regels stellen kan weerstand oproepen. Het verhaal van de systeemanalyse of stadsgenese zorgt voor begrip en draagvlak voor het waarom van deze prioriteiten en regels. 'Als je het snapt, ben je ook eerder bereid om iets te doen'. Deze prioriteiten zijn bijvoorbeeld te gebruiken bij het instrument 'omgevingstafel', waarbij alle aspecten op één tafel komen, met als doel om deze integraal te bespreken en met elkaar af te wegen. Een mogelijke vorm waarin de prioriteiten vanuit natuurgebaseerde klimaatadaptatie een plek krijgen in de omgevingsvisie is door de ontwerpprincipes per landschappelijke bodemeenheid een prioriteitsklasse te geven, bijvoorbeeld: hoog, middel, laag. Een lage prioriteit staat voor 'nice to have', middel prioriteit voor 'must have' en hoge prioriteit staat voor 'no-go' of 'regret', oftewel ontwikkelingen die voorwaardelijk zijn voor een goede en gezonde omgevingskwaliteit.

Voorbeeld van prioriteiten ontwerpprincipes bij daluitspoelingswaaier met droogdalen

Prioriteit	Ontwerpprincipe
hoog	maximaal infiltreren en vasthouden neerslag in bodem van neerslag. Methode afhankelijk van zand- of kleibodem. Infiltratievoorzieningen (ondergrondse en bovengronds) waar bodem slecht doorlatend is
hoog	tijdelijk bergen afstromende neerslag
hoog	groene inrichting met vitale, humusrijke, bodem voor ontvangst van toestromende extreme neerslag uit omgeving
middel	benutten lijnvormige groenstructuren voor koele wandel-fietsroutes
middel	vasthouden van hangwater (onverzadigde zone) door verhogen van organisch stofgehalte bodem in wortelzone
laag	combinatie in diep- en ondiep wortelend groen voor bodemleven
laag	op klei: groene/blauwe daken voor opvang hevige neerslag langzame afvoer naar de bodem
middel	voor leefklimaat hitte: verkoeling geven door zowel schaduwwerking als verdamping
middel	indien grootschalige mobiele bodemverontreinigingen: overweeg ter plaatse diep te infiltreren (onder vervuiling) of neerslag eerst afvoeren en direct buiten verontreinigingsgebied infiltreren.

Woningbouwopgave+

Voor de samenhang met woningbouwopgave+ (de '+' staat hier voor een bredere opgave dan woningbouw alleen) kan aansluiting worden gezocht met de 'Woondeal regio Arnhem-Nijmegen' (2020). Hierin zijn tussen Rijk, provincie Gelderland, de gemeenten Nijmegen en Arnhem en de regio Arnhem-Nijmegen afspraken gemaakt over (o.a.):

- groei- en woningbouwopgaven gekoppeld aan opgaven op het gebied van betaalbaarheid, groen/circulariteit, bereikbaarheid en leefbaarheid,
- meerjarige samenwerking op diverse terreinen tussen de overheden, in partnerschap met woningcorporaties, marktpartijen en maatschappelijke instellingen,
- het versneld realiseren van 20.000 woningen,
- het opstellen van een regionale verstedelijkingsstrategie, waarin de verstedelijkingsopgave in samenhang wordt gezien met onder meer de opgaven voor bereikbaarheid, energietransitie, kwaliteit van de leefomgeving, water, landschap en klimaatadaptatie.

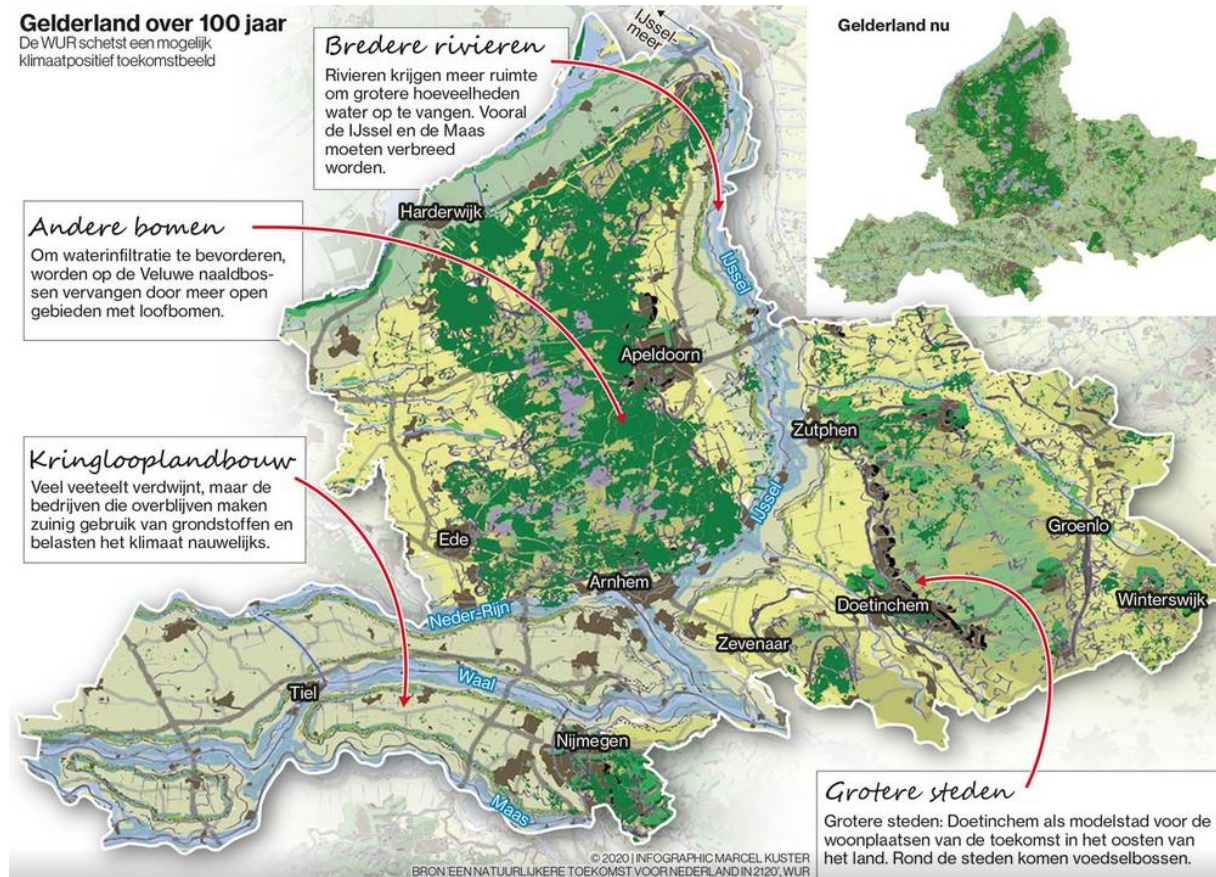
Het verhaal van het DNA van de stad en omgeving en de redeneerlijnen en ontwerpprincipes voor (natuurgebaseerde) klimaatadaptatie in de bebouwde omgeving bieden hiervoor een concrete aanpak, voor een goede vertaling van deze ambities naar de praktische uitvoering van deze woningbouwopgave.

Nederland 2120

Wageningen University & Research ontwikkelde een visie over een toekomstbestendig Nederland en hoe dat er in 2120 uit zou kunnen zien. De aanleiding hiervoor is de moeizame uitvoering van het Klimaatakkoord van Parijs en een groot internationaal onderzoek uit 2019 waaruit blijkt dat het wereldwijd slecht gaat met de biodiversiteit. In deze visie wordt gekeken naar de verschillende factoren die invloed hebben op de ruimtelijke inrichting van Nederland.

In september 2020 is een webinar georganiseerd waarin 60 deelnemers uit uiteenlopende sectoren en achtergronden discussieerden over de betekenis hiervan voor de Achterhoek. Ook voor de regio's in Gelderland zijn enthousiast over dit concept en hebben interesse in het uitwerken van een regionale visie voor over 100 jaar. Met name

de systeemanalyse en tot op zekere hoogte ook de rederlijnen (afhankelijk van schaal) zijn een goede basis voor de uitwerking van een dergelijke visie. Ook de regionale adaptatiestrategie kan goed worden betrokken bij de uitwerking van deze visie.



Bron: Nederland over honderd jaar? © Marcel Kuster

7 Conclusies en aanbevelingen

Conclusies

De rol en betekenis van het natuurlijke systeem van bodem, ondergrond en water voor klimaatadaptatie wordt steeds meer onderkend. Over het natuurlijke systeem is veel kennis beschikbaar, hoewel deze nog niet overal even makkelijk toegankelijk is. En een deel van de kennis wordt ook wel toegepast, maar dan vooral bij adaptatiemaatregelen om bestaande, lokale problemen op te lossen. Het ontbreekt nog vaak aan een visie om de opgaven voor klimaatadaptatie voor de lange termijn op te lossen, gebaseerd op de rol en betekenis van het natuurlijke ondergrondsysteem.

In deze studie is hiervoor een conceptuele methode ontwikkeld. Op basis van een systeemanalyse, de kenmerken van bodem en ondergrond en de relevante opgaven voor klimaatadaptatie, zijn generieke redeneerlijnen opgesteld per landschapsvorm (landschappelijke bodemeenheid). Deze zijn vervolgens uitgewerkt in locatie-specifieke integrale ontwerpprincipes voor klimaatadaptatie.

Deze methode is in deze studie toegepast voor twee pilot stadsdelen, Nijmegen-midden en Dukenburg. Hieruit blijkt de methode tot waardevolle ontwerpprincipes voor klimaatadaptatie leidt, die als gids kunnen dienen bij ruimtelijke ontwikkelingen in bebouwd gebied, zoals woningbouw (zoals inbreidingen en transformaties), herinrichting van de openbare ruimte of revitalisering van bedrijventerreinen.

Deze methode kan de brug slaan tussen de algemene onderkenning van het belang van bodem en ondergrond voor klimaatadaptatie en de concrete toepassing daarvan in de praktijk.

Naast het belang voor klimaatadaptatie, is er een groot aantal andere maatschappelijke opgaven waarvoor bodem en ondergrond een belangrijke rol speelt of kan spelen. Voor een goede afweging van het belang van de integrale ontwerpprincipes voor klimaatadaptatie met andere maatschappelijke opgaven, kan onderscheid worden gemaakt in prioriteiten vanuit oogpunt van klimaatadaptatie te bepalen. Hierbij is een eerste voorstel gedaan voor indeling in drie prioriteiten, namelijk: laag ('*nice to have*'), middel ('*must have*') en hoog ('*no-go*' of '*regret*') ontwikkelingen of voorwaardelijk voor een goede en gezonde omgevingskwaliteit). Voor een goede 'inbedding' van de ontwerpprincipes bij ruimtelijke ontwikkelingen kunnen deze worden opgenomen in de gemeentelijke Omgevingsvisie(s). Op basis van de prioriteiten kan een goede afweging in het proces van visievorming plaatsvinden, of (als keuzes in later proces worden gemaakt) kunnen de prioriteiten van de integrale ontwerpprincipes voor klimaatadaptatie worden opgenomen in de omgevingsvisie.

Aanbevelingen

In deze studie is een conceptuele methode ontwikkeld en toegepast voor twee stadsdelen in Nijmegen. Dit is te beschouwen als een '*proof of concept*'. De brede toepassing hiervan kan worden gefaciliteerd door:

Methodiek

- Beschikbaar maken van de indeling van heel Nederland in landschapstypen en -vormen (landschappelijke bodemeenheden), in GIS.
- Invullen van de landschapsvormen voor alle bebouwde gebieden in Nederland, waar nu de geomorfologische kaart en de bodemkaart grijs gebied zijn, in GIS.

Deze eerste invulling zal niet in één keer perfect zijn, maar zo goed als mogelijk op basis van de beschikbare data. Deze kan in de loop van de tijd verder worden verbeterd.

- Uitwerken van de generieke redeneerlijnen voor elke landschapsvorm in Nederland, in tekst.
- Visualiseren van de redeneerlijnen in (een actualisatie van) de gidsmodellen, in afbeeldingen met toelichting.
- Generieke redeneerlijnen illustreren met voorbeelden uit de praktijk, voor veel voorkomende landschapsvormen.
- Methode voor uitwerking in ontwerpprincipes te verbeteren en aan te vullen, met focus op veel voorkomende situaties zoals ontwerpprincipes bij aanwezigheid van bodem- of grondwaterverontreiniging.
- Resultaat ontsluiten via landelijke website, met name via het kennisportaal Klimaatadaptatie Nederland en/of via de landelijke Klimaateffectatlas.

Toepassing

- Uitvoeren van een praktijktoets voor toepassing van redeneerlijnen en ontwerpprincipes in de regio Rijk van Maas en Waal.
- Uitwerken van de redeneerlijnen en – zo mogelijk – ontwerpprincipes voor de regio.
- Toepasbaar maken van het resultaat in de praktijk, door ontsluiting via regionale klimaateffectatlas; bijvoorbeeld door aanklikken van landschapsvorm in een bepaald gebied verschijnt een beschrijving van de relevante kenmerken, klimaatopgaven en generieke redeneerlijnen voor dat gebied.
- Opnemen van systeemanalyse, redeneerlijnen en ontwerpprincipes voor klimaatadaptatie in de gemeentelijke omgevingsvisies in de regio, eventueel met meenemen van prioriteiten voor afweging met andere maatschappelijke opgaven.

Bijlage 1 Overzicht beschikbare databronnen uit inventarisatie

Fysieke leefomgeving / Maatschappelijke opgave	Bodem-thema	URL	Dekking	Onderwerp	beheer website	beheer data (bronhouder)
NA	NA	https://opendata.nijmegen.nl/	Nijmegen	(open) dataportaal van Gemeente Nijmegen	Nijmegen	Nijmegen
NA	NA	https://climadapserv.maps.arcgis.com/apps/MapSeries/index.html?appid=141dc8934ba849cfb1dac8e8da5a94e3	Rijk van Maas en Waal	regionale klimaat-effectatlas	Stichting CAS	Eigenaren: samenwerkende partijen RAS
NA	NA	https://kaart.nijmegen.nl/kaartviewer/menu/	Nijmegen	Kaarten Nijmegen	Nijmegen	Nijmegen
NA	NA	http://kaart.nijmegen.nl/historie/	Nijmegen	Historische kaarten Nijmegen	Nijmegen	Nijmegen
NA	NA	niet beschikbaar	Nijmegen	Stadsatlas Nijmegen	NA	Eigenaar: Nijmegen Beheerder: GrondRR
NA	NA	https://www.stadsgenese.nl/nijmegen/	Nijmegen	Stadsgenese Nijmegen	GrondRR	Eigenaar: Nijmegen Beheerder: WEnR/GrondRR
NA	NA	https://www.cultureelerfgoed.nl/onderwerpen/bronnen-en-kaarten/overzicht/paleografische-kaarten	Nederland	Paleografische kaarten	RCE	Deltares
Fysieke leefomgeving / Maatschappelijke opgave	Bodem-thema	URL	Dekking	Onderwerp	beheer website	beheer data (bronhouder)
Algemeen	Geologie en bodem	http://maps.bodemdata.nl/bodemdata/index.jsp	Nederland	Bodemkaart	WenR	WUR
Algemeen	Geologie en bodem	http://maps.bodemdata.nl/bodemdata/index.jsp	Nederland	Grondsoorten	WenR	WUR
Algemeen	Geologie en bodem	http://www.wur.nl/nl/Expertises-Dienstverlening/Onderzoeksinstituten/Environmental-Research/Faciliteiten-Producten/Kaarten-en-GIS-bestanden/Geomorfologie.htm	Nederland	Geomorfologie	WenR	WUR
Algemeen	Geologie en bodem	www.dinoloket.nl	Nederland	Hydrogeologisch model Nederland (REGIS)	Dinoloket	TNO
Algemeen	Geologie en bodem	www.dinoloket.nl	Nederland	Detailmodel bovenste lagen ondergrond (GeoTOP)	Dinoloket	TNO
Algemeen	Hoogteligging	http://www.ahn.nl/index.html	Nederland	Actueel Hoogtebestand Nederland (AHN)	samenwerking van de provincies, Rijksoverheid en de waterschappen	AHN
Algemeen	Landelijk	http://www.atlasnatuurlijkkapitaal.nl/	Nederland	atlas natuurlijk kapitaal	RIVM	Data wordt ontsloten niet beheerd.

Fysieke leefomgeving / Maatschappelijke opgave	Bodem-thema	URL	Dekking	Onderwerp	beheer website	beheer data (bronhouder)
Algemeen	Landelijk	http://www.atlasleefomgeving.nl/	Nederland	atlas leefomgeving	Rijkswater -staat en RIVM	Data wordt ontsloten niet beheerd.
Algemeen	Provinciaal	http://kaarten.gelderland.nl/viewer/app/AtlasGelderland	Provincie Gelderland	kaartenatlas Gelderland	Provincie Gelderland	Provincie Gelderland
Algemeen	Topografische ondergrond	http://www.opentopo.nl/	Nederland	topografische kaarten (door de tijd)	Imergis	nvt
Algemeen	Topografische ondergrond	http://www.topotijdreis.nl/	Nederland	Oude kaarten Nederland	Kadaster	Kadaster
Algemeen	Topografische ondergrond	http://www.openstreetmap.org	Nederland	topografische ondergrond	Web-community	webcommunity
Bebouwde omgeving	Buisleidingen	https://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/goederenvervoer/documenten/kamerstukken/2012/10/29/structuurvisie-buisleidingen	Nederland	Buisleidingen	SV buisleiding en van IenM	IenM (?)
Bebouwde omgeving	Buisleidingen	http://www.nationaalgeoregister.nl/geonetwork/srv/dut/catalog.search#/metadata/faaad8f5-5ec5-4d45-96d2-b176d5ed11ea	Nederland	Transportleidingen (voor grondstof drinkwater)	Nationaal georegister	RIVM
Bebouwde omgeving	Buisleidingen	http://geodata.rivm.nl/geoserver/wms?	Nederland	Transportleidingen drinkwater	RIVM	RIVM
Bebouwde omgeving	Draagkracht	http://www.nationaalgeoregister.nl/geonetwork/srv/dut/catalog.search#/metadata/f65776db-a457-416e-b2f7-b7de4a85fb34?tab=general	Nederland	Mate van zettingsgevoeligheid	Nationaal georegister	Deltares
Bebouwde omgeving	Ondergronds bouwen	https://www.cob.nl/over-ondergronds-bouwen/google-earth-kaart.html	Nederland	Ondergronds bouwen, geeft overzicht van veel ondergrondse bouwwerken en in ontwikkeling zijnde ondergrondse bouwwerken	COB	COB
Delfstoffen en opslag	Opslag van stoffen	http://www.nlog.nl/node/534	Nederland	Opslag van stoffen (zout-cavernes, (radioactief) afval, gasolie, CO ₂ etc)	TNO / geologisch e dienst NL	TNO/Min. EZ
Delfstoffen en opslag	Voorraad delfstoffen	http://www.delfstoffenonline.nl/	Nederland	Voorraad delfstoffen (zand grind klei)	TNO	TNO/Min. EZ
Delfstoffen en opslag	Voorraad delfstoffen	http://www.bodemloket.nl/	Nederland	Ontgravings of toepassingskaart bovengrond	Min. IenM	bodem+
Delfstoffen en opslag	Zoutwinning	http://www.nlog.nl/node/535	Nederland	Zoutwinning	TNO / geologisch e dienst NL	TNO/Min. EZ
Energievoorziening	Geothermie	http://www.thermogis.nl/thermogis.html	Nederland	Geothermie	TNO	TNO/DINO loket/Min EZ/Platform Geothermie/ NL Olie- en Gasportaal

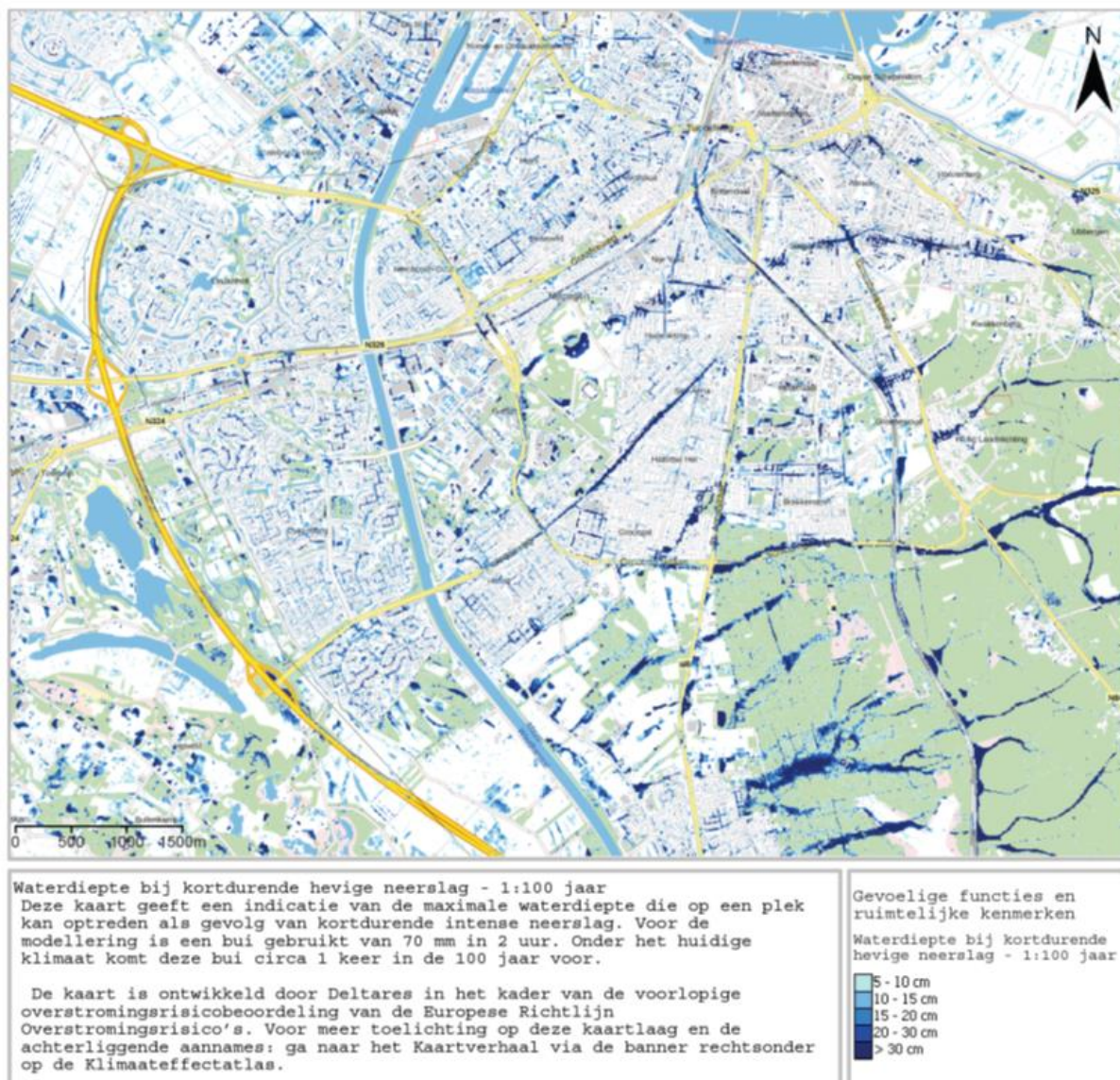
Fysieke leefomgeving / Maatschappelijke opgave	Bodem-thema	URL	Dekking	Onderwerp	beheer website	beheer data (bronhouder)
Energievoorziening	WKO	http://wkotool.nl/	Nederland	(Diepe) Warmte/koude opslag/ HTO	IF technology	IF technology
Gezonde leefomgeving	Bodemkwaliteit	http://www.bodemloket.nl/	Nederland	Overzicht kwaliteit bodem	Min. IenM	bodem+
Intrinsieke waarden	Aardkundige waarden	http://www.nationaalgeoregister.nl/geonetwork/srv/dut/catalog.se?arch#/metadata/f002bfc5-7d87-46b6-819e-8415422b65c9?tab=relations	Nederland	Aardkundige waarden	Nationaal georegister	IPO
Intrinsieke waarden	Archeologie	https://archeologieinnederland.nl/amk-en-ikaw	Nederland	Archeologisch monumenten (AMK) en Indicatieve kaart Archeologisch e waarden (IKAW)	RCE	RCE
Intrinsieke waarden	Archeologie	https://archeologieinnederland.nl/bronnen-en-kaarten	Nederland	Bronnen en kaarten voor onderzoek naar archeologie	RCE	RCE
Intrinsieke waarden	Archeologie	https://archeologieinnederland.nl/gemeentelijke-kaarten	Nederland	Overzicht gemeentelijke archeologische waardenkaarten	RCE	RCE
Intrinsieke waarden	Ecologische diversiteit	http://www.clo.nl/onderwerpen/biodiversiteit	Nederland	Biodiversiteit	Compendium voor de Leefomgeving (CL)	CBS/PBL/RIVM/WUR
Intrinsieke waarden	Identiteit	http://landschapinnederland.nl/bronnen-en-kaarten	Nederland	Bronnen en kaarten voor onderzoek naar cultuurlandschap	RCE	RCE
Intrinsieke waarden	Natuur	http://www.nationaalgeoregister.nl/geonetwork/srv/dut/catalog.se?arch#/metadata/7b9ffe10-7072-49fc-95e5-53ca8772a4c1	Nederland	grondwaterafrankelijkheid natuur	Nationaal georegister	Deltares
Klimaat	Koolstof vastlegging	http://www.atlasnatuurlijkkapitaal.nl/koolstofvastlegging & http://geodata.rivm.nl/geoserver/wms?	Nederland	Koolstof vastlegging	Alterra (atlas natuurlijk kapitaal)	Alterra
Klimaat	Koolstof vastlegging	http://www.atlasnatuurlijkkapitaal.nl/kaarten?	Nederland	bodemkoolstof voorraad actueel	Alterra (atlas natuurlijk kapitaal)	Alterra
Klimaat	Koolstof vastlegging	http://www.atlasnatuurlijkkapitaal.nl/kaarten?	Nederland	bodemkoolstof vastlegging onder verschillende scenario's landgebruik	Alterra (atlas natuurlijk kapitaal)	Alterra
Klimaat		http://www.klimaat-effectatlas.nl/	Nederland	Verschillende kaarten met informatie over veranderingen in leefomgeving als gevolg van klimaatverandering.	Stichting Climate Adaptation Services	Diversen

Fysieke leefomgeving / Maatschappelijke opgave	Bodem-thema	URL	Dekking	Onderwerp	beheer website	beheer data (bronhouder)
Natuur en landbouw	Waterbeschikbaarheid	http://geodata.rivm.nl/geoserver/wms?	Nederland	Waterregulatie toplaag bodem	RIVM	RIVM
Natuur en landbouw	Waterbeschikbaarheid	http://geodata.rivm.nl/geoserver/wms?	Nederland	vochtleverend vermogen ondergrond	RIVM	RIVM
Natuur en landbouw	Waterbeschikbaarheid	http://geodata.rivm.nl/geoserver/wms?	Nederland	Natuurlijke waterregulatie in de bodem	RIVM	RIVM
Natuur en landbouw	Waterbeschikbaarheid	http://www.atlasnatuurlijkkapitaal.nl/waterberging?inheritRedirect=true	Nederland	Vochtleverend vermogen gedurende groeiseizoen	DANK/Atlas Natuurlijk kapitaal	WenR
Natuur en landbouw	Waterbeschikbaarheid	http://www.atlasnatuurlijkkapitaal.nl/waterberging?inheritRedirect=true	Nederland	Waterbergende bodem (ondiep) (=ruimte tussen GHG en maaiveld)	WenR (atlas natuurlijk kapitaal)	Deltares
Water	Overig	http://nhi.nu/nl/index.php/data	Nederland	GHG, GVG, GLG, kwel NHI,	NHI	NHI
Water	Overig	http://www.nationaalgeoregister.nl/geonetwork/srv/dut/catalog.search#/metadata/dcda01aa-695c-43b0-a194-544d429be693	Nederland	Waterbergend vermogen ondergrond	Nationaal georegister	Deltares
Water	Overig	http://www.nationaalgeoregister.nl/geonetwork/srv/dut/catalog.search#/metadata/96d25af5-d0e2-48d4-b91a-1c7ab2ebc7c1	Nederland	stroombanen grondwater	Nationaal georegister	Deltares
Water	Voorraad drinkwater	http://www.atlasleefomgeving.nl/meer-weten/water/grondwaterkwaliteit	Nederland	grondwaterbeschermingsgebieden (boringsvrije zones)	RIVM/RWS	min IenM? (atlas voor de leefomgeving)
Water	Waterbergende bodem	http://www.nationaalgeoregister.nl/geonetwork/srv/dut/catalog.search#/metadata/b01a9e05-5c09-4757-898f-ca78613c8bbf	Nederland	benutbaarheid van de ondergrond voor waterberging	Nationaal georegister	Deltares

Bijlage 2 Kaarten klimaateffecten in de twee stadsdelen

Regenwateroverlast

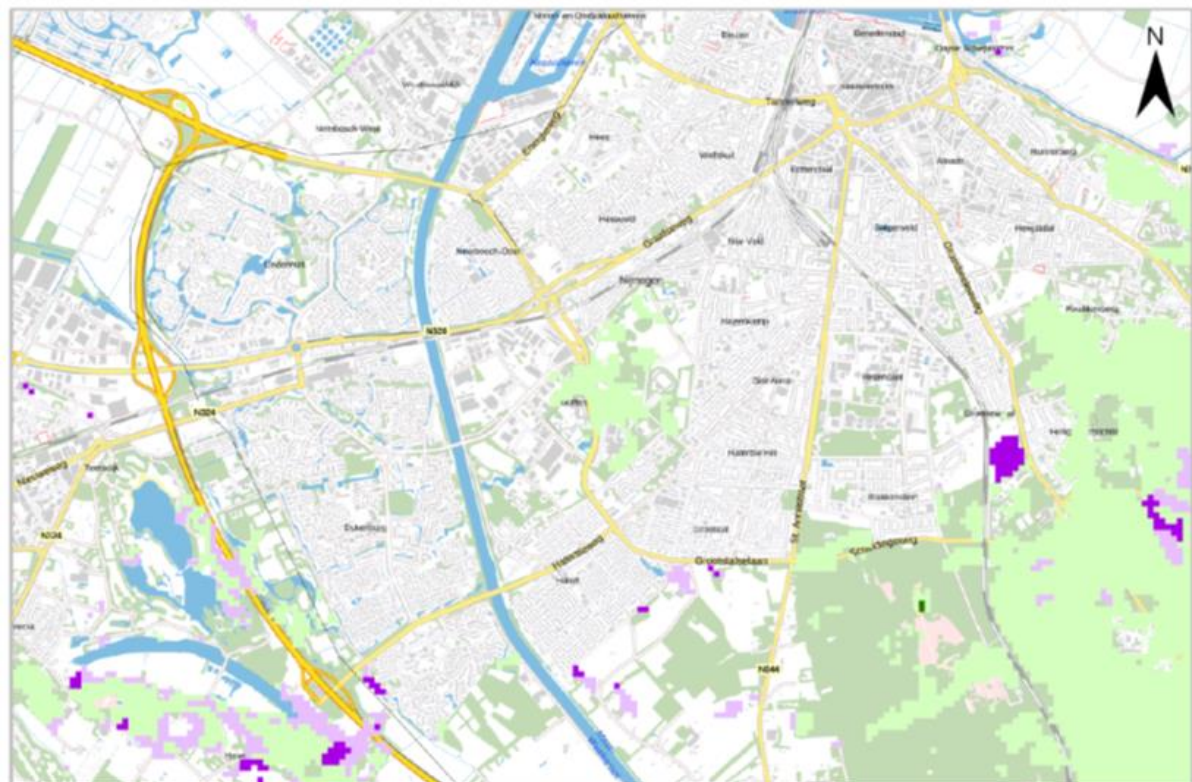
Klimaateffectatlas - Effect: Wateroverlast - Scenario: 2050WH



Bron: <http://www.klimaateffectatlas.nl/nl/>

Erosie (door afstromende neerslag)

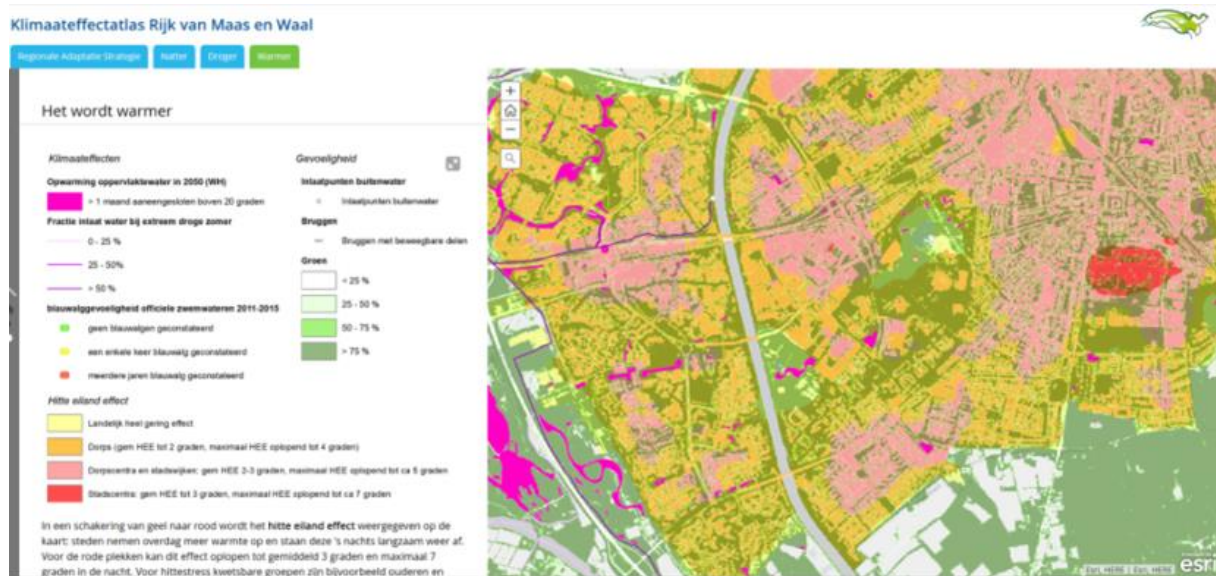
Klimaat-effectatlas - Effect: Wateroverlast - Scenario: 2050WH



- Gevoelig - landbouw, beschermd door begroeiing
- Gevoelig - landbouw, tijdelijk beschermd door begroeiing
- Gevoelig - natuur, beschermd door begroeiing
- Gevoelig - natuur, geen bescherming door begroeiing

Bron: <http://www.klimaat-effectatlas.nl/nl/>

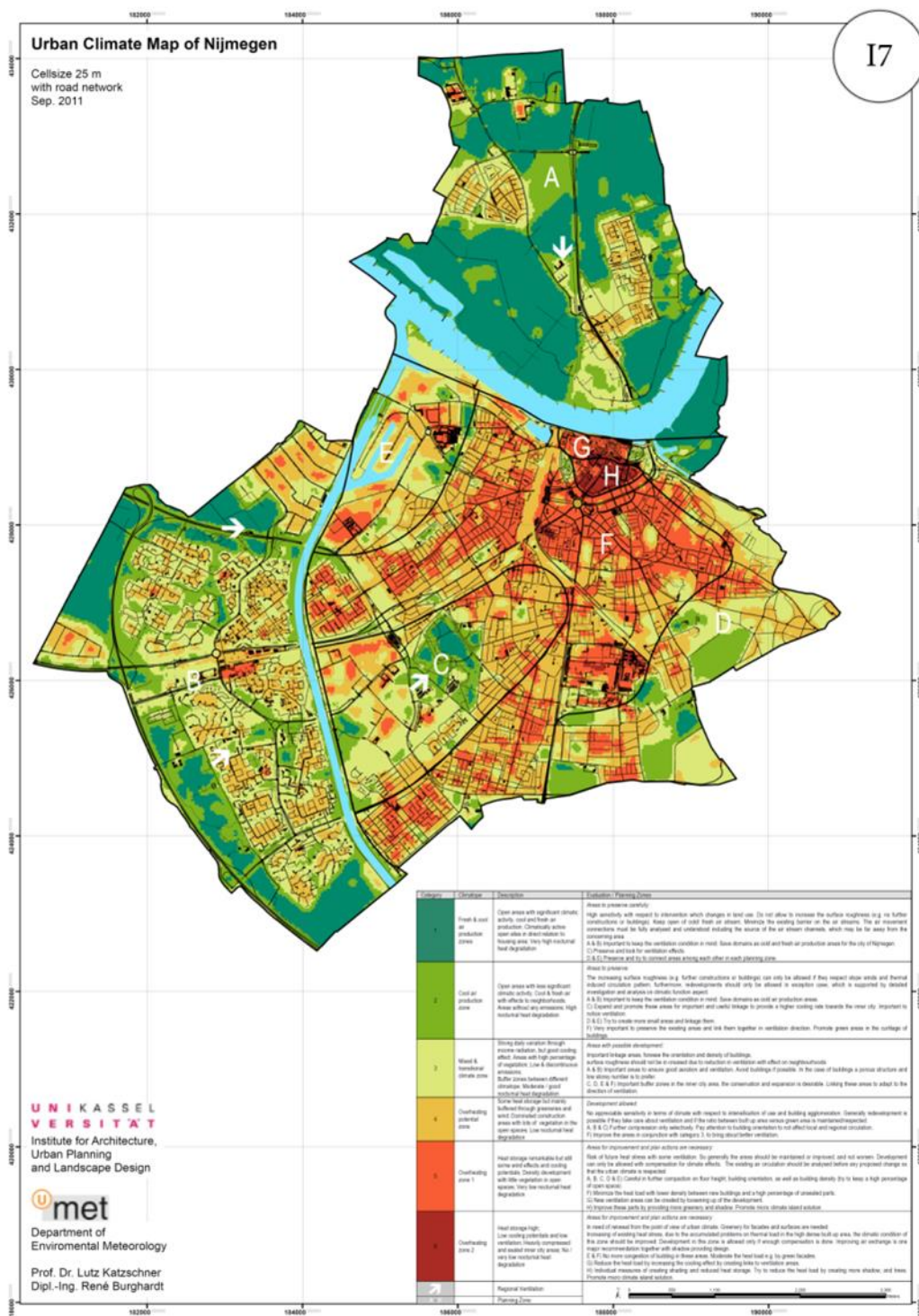
Hitte



Bron: <https://www.arcgis.com/apps/MapSeries/index.html?appid=141dc8934ba849cfb1dac8e8da5a94e3>

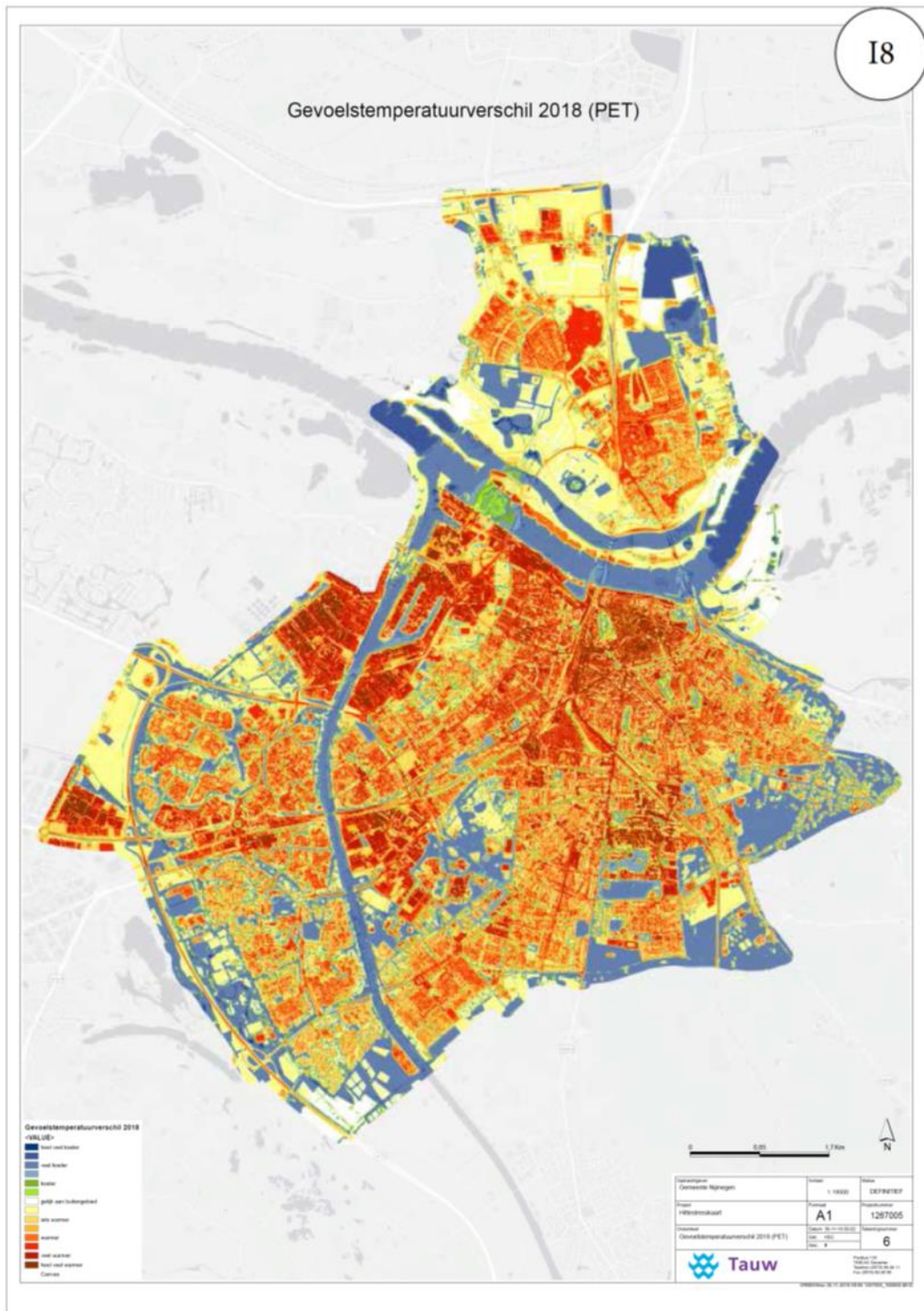
Ter vergelijking hieronder de andere 'hittekaarten' uit de Stadsatlas Nijmegen (mei 2019).

Bij de eerste kaart (I7) met 'hittestress 's nachts' springt het universiteitsterrein er ook uit als 'hot spot'.



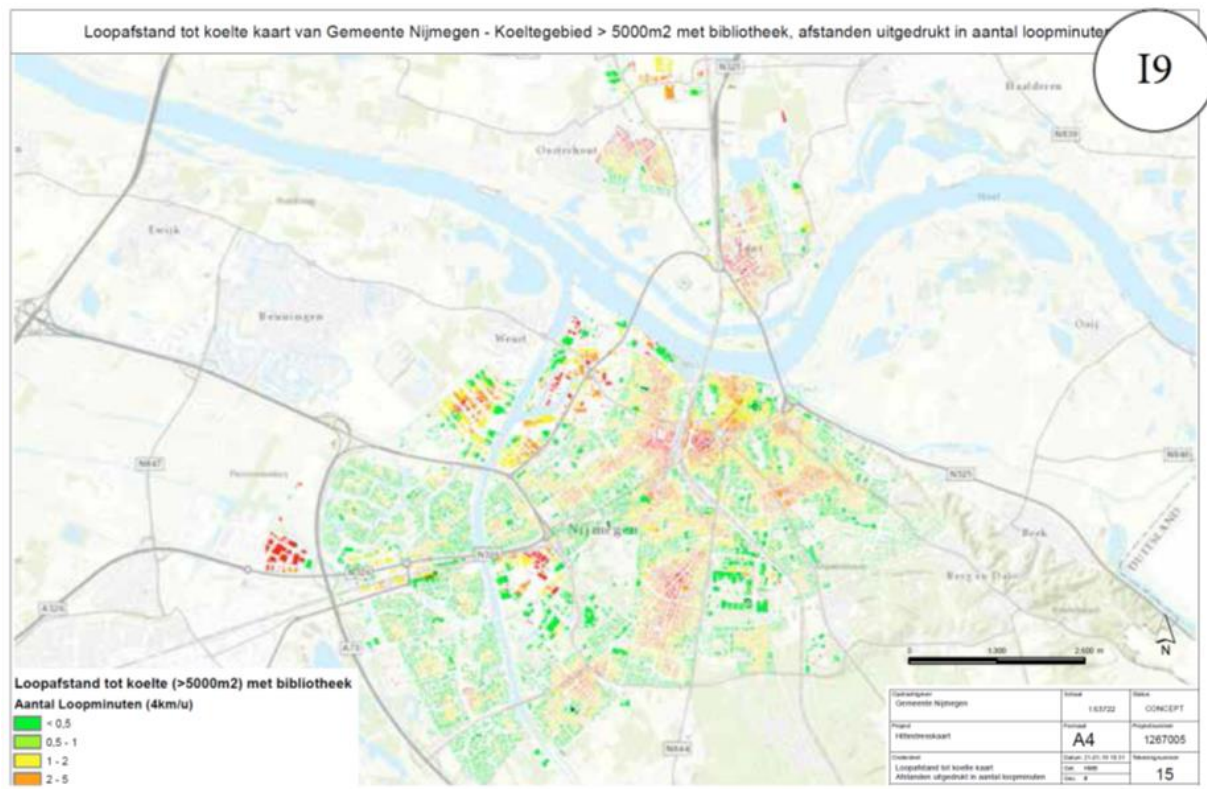
Bron: Stadsatlas Nijmegen (mei 2019)

Hetzelfde geldt voor de PET-kaart met hittestress overdag (gevoelstemperatuur, kaart I8), waarbij er aanzienlijk meer 'hot spots' zijn dan op voorgaande kaarten.



Bron: Stadsatlas Nijmegen (mei 2019)

Uitgedrukt in afstand tot koelte valt de Radboud campus volledig weg omdat er (inderdaad) veel groen in de omgeving is.

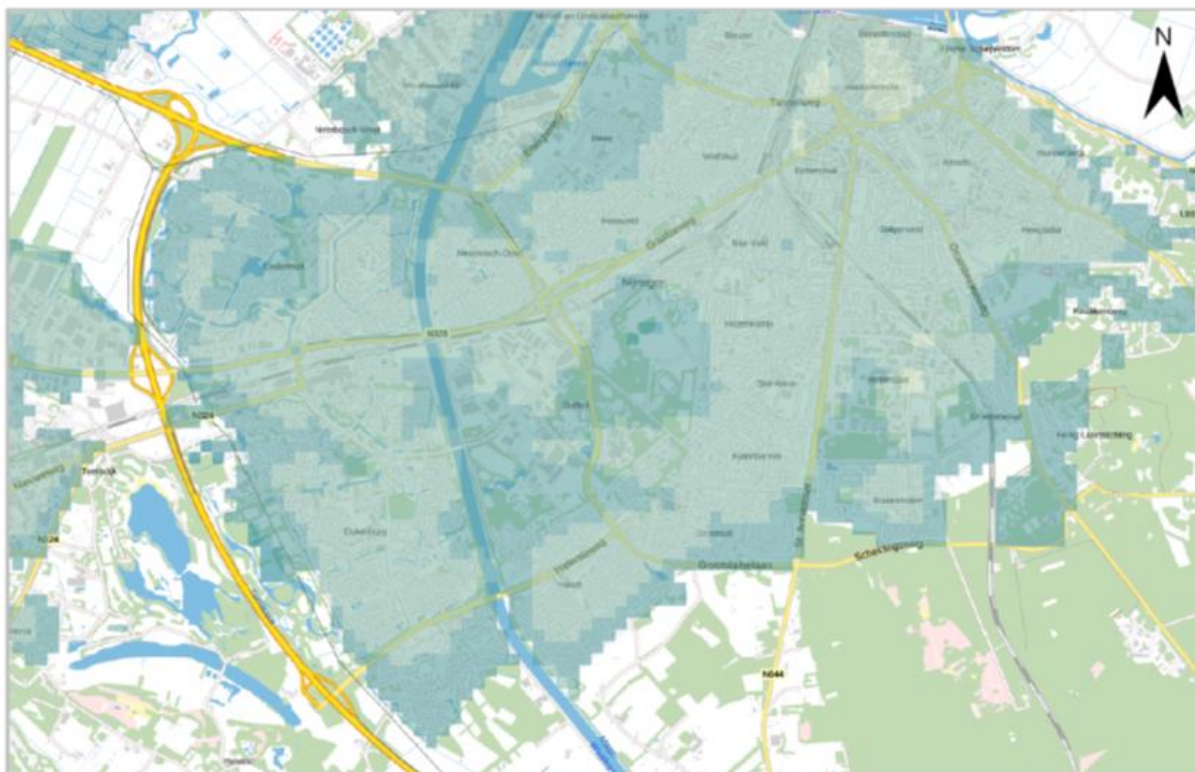


Bron: Stadsatlas Nijmegen (mei 2019)

De klimaatopgaven moeten dus goed worden beschreven. Wat betreft hitte is daarbij onderscheid te maken in 1. comfort en omgevingskwaliteit en 2. gezondheid en arbeidsproductiviteit (nachtrust, temperatuur 's nachts). Voor de campus is voornamelijk het gebruik overdag van belang, dus vooral de PET-kaart en afstand tot koelte. Voor een woonwijk als Hatert is ook nachtelijke temperatuur van belang.

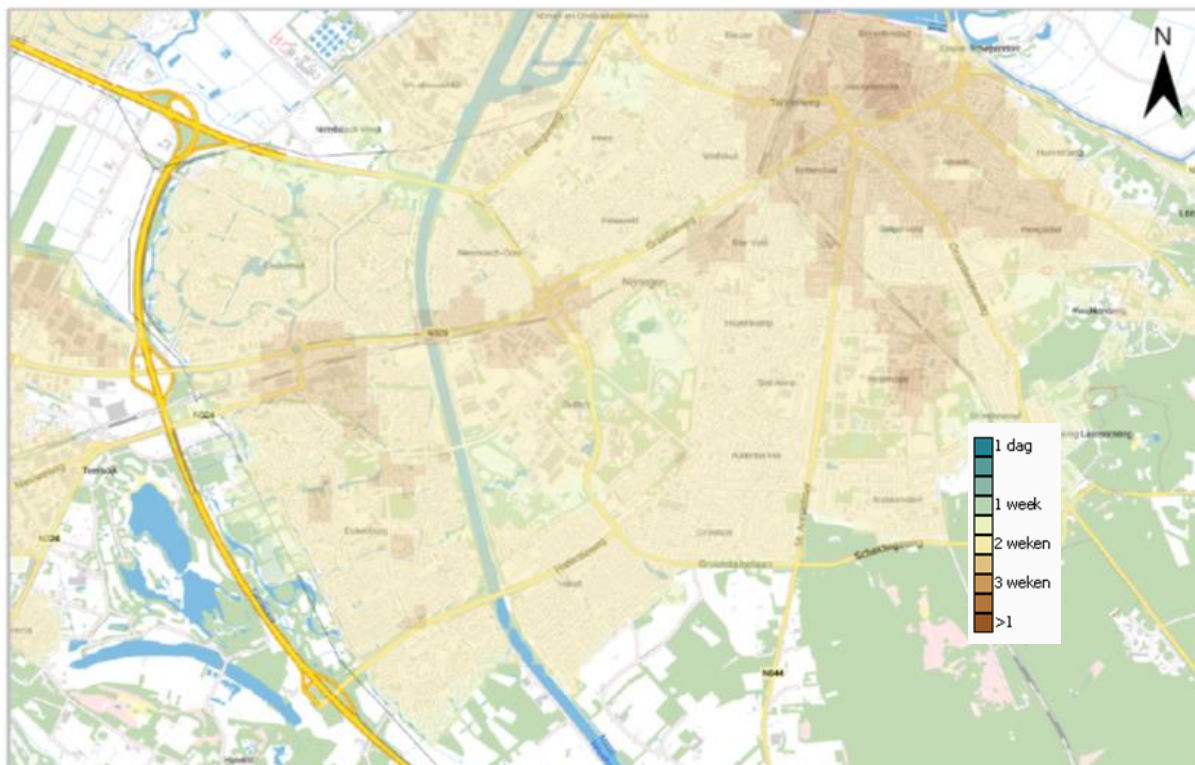
Hittestress door warme nachten (sterke correlatie met arbeidsproductiviteit en m.n. sterfte).

Klimaat-effectatlas - Effect: Hitte - Scenario: Huidig klimaat



Bron: <http://www.klimaat-effectatlas.nl/nl/>

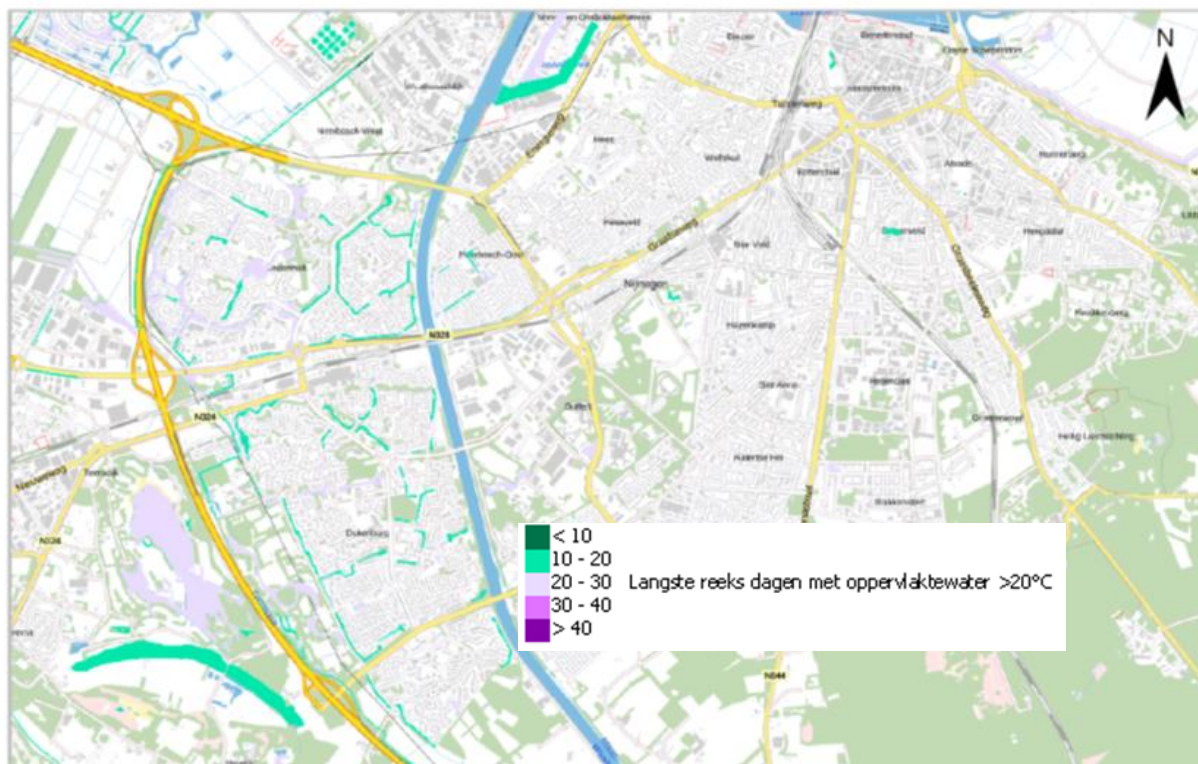
Klimaat-effectatlas - Effect: Hitte - Scenario: 2050WH



Bron: <http://www.klimaat-effectatlas.nl/nl/>

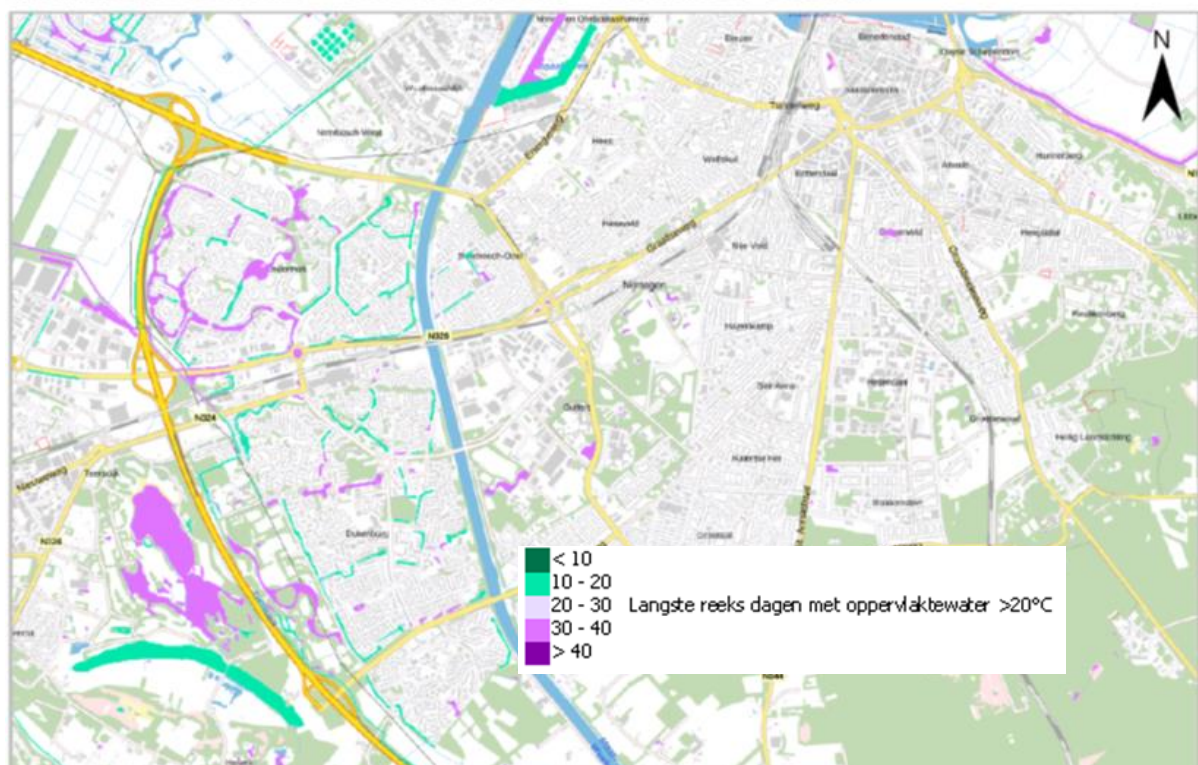
Waterkwaliteit (opwarming oppervlaktewater)

Klimaat-effectatlas - Effect: Hitte - Scenario: Huidig klimaat



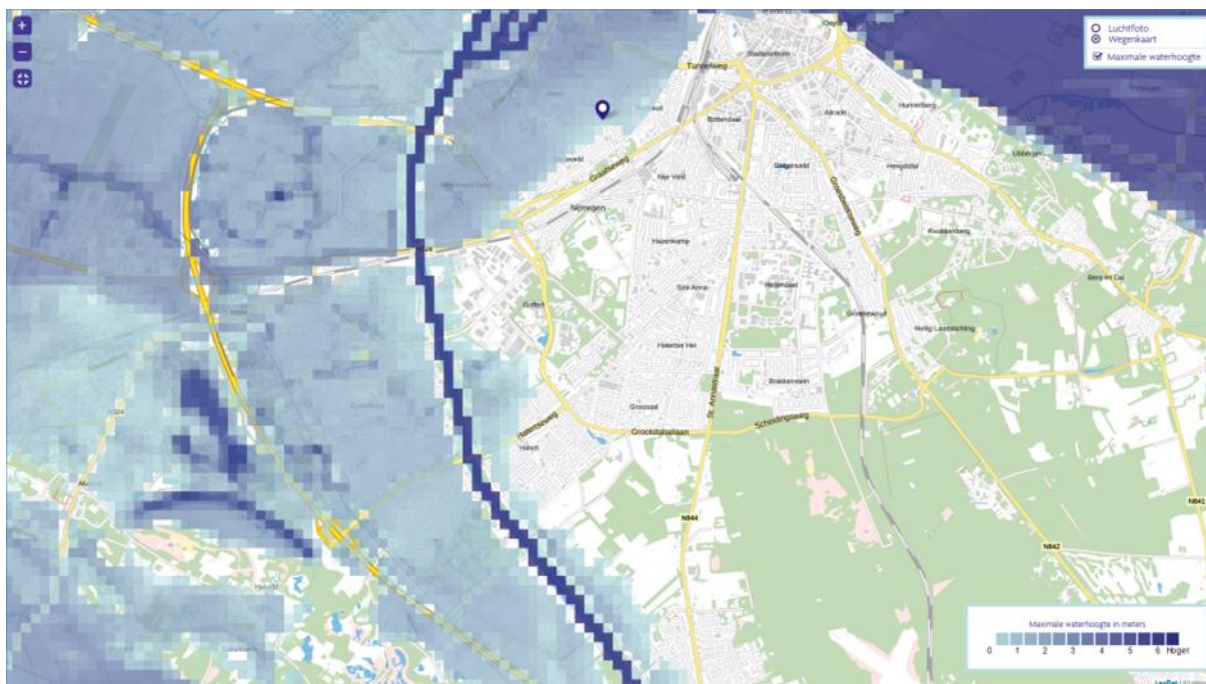
Bron: <http://www.klimaat-effectatlas.nl/nl/>

Klimaat-effectatlas - Effect: Hitte - Scenario: 2050WH

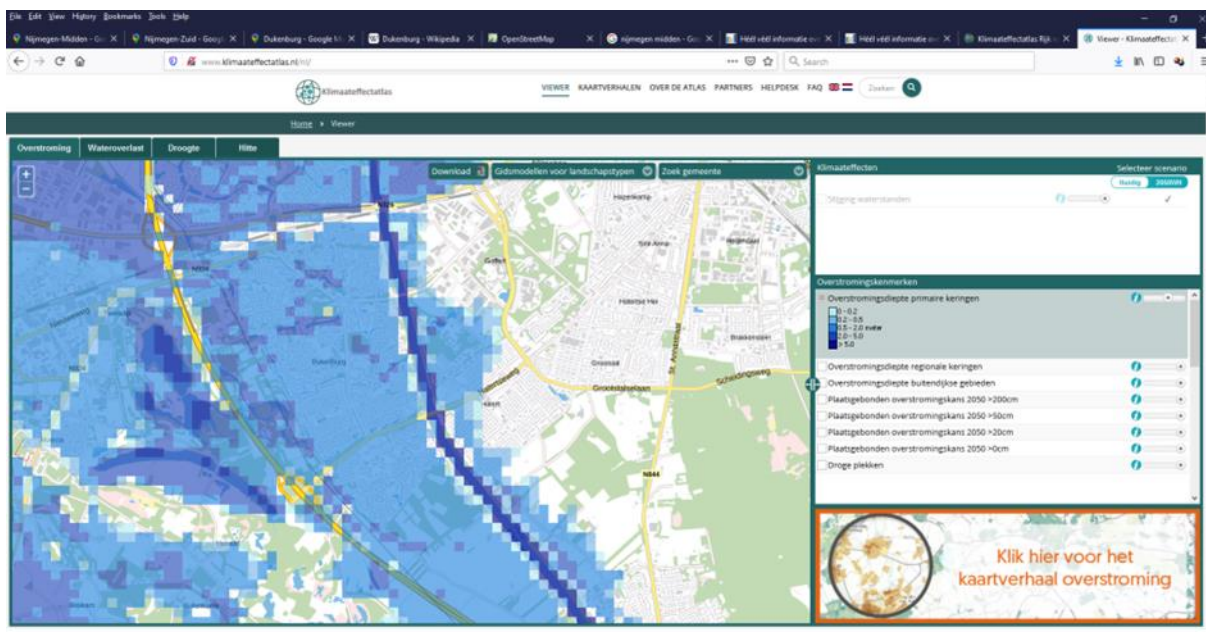


Bron: <http://www.klimaat-effectatlas.nl/nl/>

Overstroming



Bron: <https://overstroomik.nl/overstroom-ik.html?adres=nijmegen&latitude=&longitude=>



Bron: <http://www.klimaateffectatlas.nl/nl/>

Bijlage 3 Uitgebreider beschrijving geomorfologische elementen

Bron: De stadsgenese, Cultuurhistorie en het natuurlijke systeem als gids voor klimaatadaptatie en stedelijke ontwikkeling' (STOWA, RCE, 2021)

Spoelzandwaaier

Een spoelzandwaaier bestaat uit grof tot zeer grof zand en grind dat met het smeltwater van het landijs dat over de stuwwal stroomde op de flanken van de stuwwal werd afgezet. Het oude centrum van Nijmegen en de eerste uitbreidingswijken van de stad liggen op een sandr. De dikte van deze spoelzandwaaier afzettingen bedraagt ter hoogte van Nijmegen ongeveer 40 m. Lokaal is een dunne laag dekzand hierop afgezet. De helling van de spoelzandwaaier is lang en met een verhang van circa 5 m/km minder steil dan de meeste stuwwalhellingen. De bodems op de spoelzandwaaier worden gerekend tot de bruine bosgronden.

Delen van de spoelzandwaaier zijn als bouwland gebruikt, waardoor op de natuurlijke bodem een circa 30 cm dikke cultuurlaag is gevormd. De bodem is in het algemeen goed doorlatend, de vochtbeschikbaarheid is in droge perioden beperkt. Het grondwater bevindt zich op een diepte van 10 tot 30 meter beneden maaiveld.

Droogdal

Droogdalen zijn erosiedalen in de stuwwal en spoelzandwaaier die door erosie van afstromend sneeuwsmeltwater in de laatste ijstijd zijn gevormd. We noemen ze droogdalen omdat in deze erosiedalen geen natuurlijke waterloop meer stroomt. In zuidwestelijk richting loopt een aantal grote droogdalen door de stad naar het laaggelegen gebied.

Sommige droogdalen zijn dermate diep in de stuwwal ingesneden dat ze het grondwater bereiken en kwelwater in natuurlijke bronnen uittreedt. In de noordhelling van de stuwwal en spoelzandwaaier zijn de droogdalen kort, steil en diep ingesneden. Tussen de Boven- en Benedenstad ligt een aantal van deze steile droogdalen. Een van die dalen loopt door de binnenstad via de Ziekerstraat, de Houtstraat in de richting van de Waalhaven. De zuidoostrand van het dal volgt ongeveer de lijn: Nonnenstraat, Stieltjesstraat en Graafseweg. Beide dalranden raken elkaar bij de Hundisburg waarop de Sint-Stevenskerk staat.

Vanaf de stuwwal over de helling van de spoelzandwaaier lopen in zuidwestelijk richting een aantal grote droogdalen naar het laaggelegen rivierterras, zoals het Hengstdal, het Kerstendal en het Louisedal. Deze dalen zijn breed, minder steil en minder diep ingesneden.

De bodem van droogdalen is met erosiemateriaal opgevuld en heterogeen van samenstelling. Daarnaast kan er op de dalflanken wat zand of löss zijn ingewaaid. Droogdalbodems zijn zandig, (zwak) leemhoudend en over het algemeen wat fijner van textuur en daardoor iets minder doorlatend dan de bodems in de aangrenzende stuwwal of spoelzandwaaier.

Bij piekbuien fungeren deze dalen nog steeds als stroombanen voor afstromend regenwater of modder dat vanaf de helling naar het dal stroomt.

Rivierterras met dekzandlaag

Het rivierterras is gevormd in laatste ijstijd door vlechtende riviersystemen van Rijn en Maas. Het bestaat uit een zand- en grindvlakte doorsneden met geulen, licht hellend (0,2 m/km) naar het noordwesten. Het zandige rivierterras is afgedekt met een 0,5 tot 1 meter dikke stugge zandige kleilaag (laag van Wijchen). De bodems op het terras worden gerekend tot de oude rivierkleigronden.

De zandige ondergrond is goed doorlatend, maar de afdekkende kleilaag beperkt de verticale doorlatendheid en maakt deze bodems gevoelig voor stagnatie en plasvorming bij hevige neerslag en langdurige natte perioden. De gelaagde opbouw kan ook beperkend werken op de vochtbeschikbaarheid tijdens droge perioden. In de winterperiode kan de grondwaterstand tot aan het maaiveld reiken om in de zomerperioden weg te zakken naar circa 1,2 m beneden maaiveld. Het rivierterras staat onder invloed van kwel vanuit het stuwwalmassief. De stugge kleilaag fungeert daarbij als afdekkende laag.

Voor de stadsuitbreiding Dukenburg is het rivierterras opgehoogd met een circa 1 meter dikke laag ophoogzand.

De wijken Hees en Neerbosch liggen op een deel van het rivierterras dat bedekt is met 1 tot 1,5 m dekzand. Het vlechtend geulpatroon is hier niet zichtbaar en de afdekkende stugge kleilaag ontbreekt hier, waardoor deze gronden beter doorlatend zijn. Het grondwater bevindt zich in deze zone op een diepte van 2 tot 4 meter beneden maaiveld.

Kommen

Komgronden zijn de laagste delen van het bedijkte rivierengebied. Vóór de bedijking kwam bij elk hoogwater het inundatiewater hier tot stilstand en konden de kleideeltjes tot bezinking komen. De bodem van de komgronden bestaat daardoor uit zware klei. Na de bedijkingen en later tijdens de ruilverkaveling zijn de komgronden ontwaterd en gedraineerd waardoor de bodem is gedaald. Komgronden zijn desondanks nog steeds de natste gronden in het rivierengebied, slecht doorlatend en gevoelig voor plasvorming. Het grond- en oppervlaktewaterpeil wordt beheerd met een stelsel van sloten, weteringen en bergingsgebieden. De grondwaterstand beweegt tussen de 0,2 en 1,2 m beneden maaiveld.

Dukenburg

bron: <https://nl.wikipedia.org/wiki/Dukenburg>

Stadsuitbreiding jaren 1960 - 1970

In 1958 wordt het landgoed Dukenburg in het herziene uitbreidingsplan van de gemeente Nijmegen voor het eerst genoemd als toekomstige uitbreidingslocatie van de stad. Op 28 september 1959 geeft het college van Burgemeester en Wethouders het adviesbureau van Hasselt en de Koning (nu HaskoningDHV) opdracht voor het maken van een rapport over het **watervrij maken en houden van de terreinen op de Duckenburg en omgeving**. De conclusie (januari 1960) van het adviesbureau is; zonder bemaling en aanvoer van specie elders, is er toch normale bebouwing mogelijk door ruime, diepe watergangen te graven en de vrijgekomen grond te gebruiken voor ophoging van de te lage delen. De extra kosten boven die van uitbreiding op hoge zandgrond, zouden f 4.500 per ha bedragen. de plannen worden verder uitgewerkt. In augustus 1961 verschijnt een notitie van de Dienst Publieke Werken van de gemeente Nijmegen met de titel; "Algemene motivering van omvang en inhoud, alsmede globale inhoudsbepaling van het te ontwerpen uitbreidingsplan "Duckenburg".

Geologie en bebouwing

In Dukenburg bevond zich in de ondergrond een **zeer uniek restant van een verwilderd riviersysteem uit het late Pleistoceen**. Dit landschap is ontstaan na de laatste ijstijd, toen veel water werd afgevoerd door een groot aantal ondiepe geulen die zich regelmatig verlegden. Vanuit wetenschappelijke hoek is eind jaren 60 nog verzet tegen de bebouwing van de Dukenburg geweest. De plannen zijn wel doorgegaan, maar op onderdelen enigszins aangepast. Zo is **een deel van dit uniek verwilderde riviersysteem aanwezig in het park Staddijk aan de westrand van Dukenburg**. Ook bevinden zich **aan de oostzijde van Dukenburg sandrs, puinwaaiers van grof zand, gevormd door smeltwater dat in het Saalien vanaf de stuwwal in het oostelijk deel van Nijmegen stroomde**. In de niet bebouwde Geologenstrook aan de Van Schuylenburgweg zijn de restanten van deze waaiers nog aanwezig.

Stedenbouwkundige Anton Olivier koos er samen met de gemeente Nijmegen voor om Stadsdeel Dukenburg op te zetten met veel groen en laagbouw. Later is er een aanzienlijke hoeveelheid flats bijgebouwd vanwege de woningnood. Het bouwen van dit stadsdeel stond garant voor een stadsuitbreiding met zo'n 25000 tot 30000 inwoners. **Veel van de bestaande bomenlanen en bosjes zijn gespaard** zodat het stadsdeel van het begin af aan al een groene indruk maakte. Ook is een deel van de historische bebouwing blijven staan, zoals de orangerie van het voormalige Huis Duckenburg, het Tolhuis aan de Teersdijk en een aantal historische boerderijen.

Bijlage 4 Verslag werksessie ondergrond en klimaatadaptatie, 10-2-2020

Aanwezig	Ton Verhoeven, Gemeente Nijmegen MARIKE Wesseling, Gemeente Nijmegen Sjoerd de Vreng, Gemeente Nijmegen Walter van Doesem, Gemeente Heumen Willem Spies, Gemeente Beuningen Mireille Grobbs, Waterschap Rivierenland Mark Kemperman, provincie Gelderland Kai Koster, TNO Ron Nap, gemeente Amersfoort Arthur Hofstad, Hofstad Advies Vincent Grond, GrondRR Kees Broks, Stowa Monique de Groot - Reichwein, TAUW Leon Dielen, TAUW Dirk Eeuwes, TAUW	Opgesteld door Leon Dielen E-mail leon.dielen@tauw.com
Datum bespreking	10 februari 2020	
Locatie	Gemeente Nijmegen	
Datum	6 maart 2020	
Kenmerk	1273828	
Onderwerp	Werksessie Ondergrond en klimaatadaptatie	

In de pilot Nijmegen – Rijk van Maas en Waal staan twee vragen centraal:

1. Hoe komen we van de RAS naar een eigen, lokaal uitvoeringsprogramma klimaatadaptatie, waarbij het natuurlijke systeem van bodem, water en groen (volgens de Natuurlijke Alliantie) als onderlegger wordt meegenomen? Met daarbij de afgeleide vraag hoe de Stadsгенese en de Stadsatlas Nijmegen in dit uitvoeringsprogramma te laten landen. De Stadsatlas Nijmegen is een boekwerk met daarin een groot aantal bronkaarten en themakaarten.
2. Welke informatie is nodig voor het proces van de gemeentelijke omgevingsvisie (GOVI) om op de juiste manier een afweging te kunnen maken tussen de boven- en ondergrondse consequenties van klimaatadaptatie en andere maatschappelijke opgaven? Met ook hierbij de afgeleide vraag hoe de Natuurlijke Alliantie als leidende onderlegger kan worden meegenomen.

Vragen die aanleiding zijn voor het UP-project 'DNA van de stad en omgeving' zijn:

- Hoe beïnvloedt de bodemopbouw de geschiktheid voor en het ontwerp van klimaatadaptatie maatregelen?
- Hoe wordt daarbij omgegaan met ruimteclaims van andere ondergrond gerelateerde gebruiksvormen en opgaven?
- Welke waarde kan de ondergrond op een bepaalde locatie maximaal toevoegen aan klimaatadaptatie?
- Welke relatie is er tussen de natuurlijke ondergrond en de bebouwde bovengrond?

Het doel van deze studie is:

Inzicht te geven in de benodigde data van het natuurlijke systeem (o.a. bodem, grondwater en ondergrond), welke data al is verzameld (in Nijmegen is al veel verzameld, o.a. in kaartenatlas en stadsgenese), en hoe dat is in te brengen in de uitwerking van de RAS in een gemeentelijk uitvoeringsprogramma voor klimaatadaptatie en hoe dit een 'goede plek' te geven in het (afwegings)proces van de gemeentelijke omgevingsvisie en omgevingsplan(nen).

Werksessie ondergrond en klimaatadaptatie (maatregelen)

De werksessie beoogt de verbinding te leggen tussen bodem en ondergrond en klimaatadaptatie (maatregelen). Dit doen we door met elkaar de kennis over bodem en ondergrond en maatregelen voor klimaatadaptatie (het uitvoeringsprogramma) te delen, en te inventariseren welke informatiebehoefte er is. Het begrip 'bodem en ondergrond' wordt breed beschouwd, als onderdeel van het natuurlijke systeem en het cultuurhistorisch erfgoed. Dit moet resulteren in een generiek toepasbare methodiek om informatie over bodem en ondergrond eenvoudig en snel beschikbaar te hebben voor het bepalen van klimaatadaptatiemaatregelen.

De resultaten van de werksessie zijn in de mindmap in de bijlage verwerkt. Hieronder is kort de inhoud weergegeven.

De agenda voor de werksessie:

1. Inlooplunch
2. introductie pilot Nijmegen - Rijk van Maas en Waal en pitches over ondergrond
3. Werksessie:
Ophalen informatiebehoeften voor klimaatadaptatie maatregelen in relatie tot de ondergrond
4. Werksessie:
Prioriteren informatiebehoefte
5. Beschikbaarheid van data.

In de introductie heeft Kees Broks het doel van de pilot Nijmegen – Rijk van Maas en Waal toegelicht. Vervolgens hebben Ton Verhoeven, Vincent Grond en Kai Koster een pitch gegeven over Cultuurhistorie, Stadsgenese en GeoTop.

Hierna is in twee groepen dieper ingegaan op maatregelen voor klimaatadaptatie gerelateerd aan de RAS Rijk van Maas en Waal. De maatregelen zijn uitgewerkt voor de gebieden Dukenburg; is een poldergebied met een oude Maasarmen ondergrond en Nijmegen-midden; is een gebied ten zuiden van de spoorlijn naar Den Bosch, ten westen van de spoorlijn naar Venlo en reikt tot aan de gemeentegrens. Dit is een zandgebied met droogdelen uit de ijstijd.

Als handvatten bij de discussie zijn gebruikt:

1. Welke gegevens over ondergrond zijn bekend
Waar denk je aan bij de ondergrond
2. Post-its en nadenken over maatregelen. Evt prikkelen met voorbeelden uit klimaattoets
Twee kleuren post-its, per pilotgebied een kleur en maatregelen aangeven.
3. Per maatregelen toetsen welke gegevens je nodig hebt over de ondergrond
4. En hoe komt dit overeen met bekende gegevens over ondergrond
5. Bij rouleren, korte samenvatting over resultaat eerste deel. Vervolgens vraag of er nog nieuwe inzichten zijn en daarna doorpakken/verdiepen

Als afsluiting van de werksessie is op basis van drie stellingen discussie gevoerd over de informatiebehoefte (de discussie is door uitloop plenair gevoerd).

De stellingen zijn:

1. Een civieltechnisch ontwerper heeft een andere informatiebehoefte dan een stedenbouwkundig ontwerper
2. Ik heb behoefte aan basiskaarten van de ondergrond waarmee ik zelf analyses en interpretaties kan maken
3. Ik heb behoefte aan potentiekaarten van de ondergrond waarmee ik in een oogopslag mogelijke oplossingen zie.

Conclusie van de discussie is:

1. Houdt rekening met je doelgroep
2. Resultaat moet geschikt zijn voor klimaatadaptatiestrategie en omgevingsvisie
3. De kaart alleen zegt niet alles, er hoort ook een verhaal bij (storymap)
4. Het resultaat moet geschikt zijn als potentiekaart en analysekaart. Je moet zowel mogelijkheden op de kaart zien als hier analyses mee kunnen doen.