

KLIMAATBESTENDIGE BINNENSTAD DELFT



Delft, 22 januari 2014

In opdracht van
Gemeente Delft

Door:
Niels Godijn
Dave Kleinjan
Lisa van Leeuwen
Richard Notenboom

Klimaatbestendige Binnenstad Delft

Auteurs: Niels Godijn
Dave Kleinjan
Lisa van Leeuwen
Richard Notenboom

Datum: 22 januari 2014

Plaats: Delft

Organisatie: Gemeente Delft
Postbus 78
2600 ME Delft

Begeleiders: Karla Kampman
Diny Tubbing

Opleiding: Landscape & Environment Management
Hogeschool Inholland
Jaar 4 blok 1 & 2

Docent: Ted van der Klaauw



Samenvatting

Door de toename van broeikasgassen stijgt de gemiddelde temperatuur op aarde. Dit heeft als gevolg dat het klimaat verandert. De komende decennia worden steeds extremere weersomstandigheden verwacht, zoals lange periodes van droogte en een toename van de regenintensiteit. Hierdoor ontstaan er problemen, zoals hittestress en wateroverlast.

De binnenstad van Delft heeft momenteel ook met deze problemen te maken. De Gemeente Delft heeft hierover een projectopdracht gemaakt en dit vraagstuk neergelegd bij de studenten van de opleiding Landscape & Environment Management. Het doel van dit project is om tot een uitvoerbaar plan te komen om de binnenstad van Delft klimaatbestendig te maken.

Om antwoord te geven op de gestelde vraag, zijn verschillende onderzoeksmethodes gehanteerd. Allereerst is er een literatuurstudie uitgevoerd naar de aanwezige problemen waar de binnenstad van Delft mee te maken heeft. Om meer informatie te vergaren betreft de aanwezige knelpunten is er een expertmeeting georganiseerd waar de volgende partijen vertegenwoordigd waren: Gemeente Delft, CE Delft en Hoogheemraadschap van Delfland. Om knelpunten op het gebied van water te ontdekken is er een bezoek gebracht aan de binnenstad van Delft tijdens een langdurige regenval.

Aan de hand van de gehanteerde onderzoeksmethodes zijn de volgende knelpunten gevonden:

Hitteoverlast

Phoenixstraat

Grote Markt

Zuidpoort

Waterproblematiek

Rietveld

Per knelpunt worden oplossingsmaatregelen bedacht die gebaseerd zijn op klimaatadaptatie. De groenstructuur in Delft bestaat voornamelijk uit parkjes, binnentuinen en bomenlanen. De grote hoeveelheid verharding draagt bij aan temperatuursverhoging waarbij hittestress kan ontstaan. Op de Grote Markt, de Zuidpoort en de omgeving van de Phoenixstraat is de warmteproblematiek het grootst. In de omgeving van het Rietveld is de waterproblematiek het hoogst. De hoge grondwaterstand zorgt voor vochtigheid in woningen en vollopende kelders en kruipruimten. Op het gebied van mitigatie zijn meerdere oplossingen bedacht, deze zijn meer gericht op de duurzaamheid van de stad Delft. De oplossingsstrategieën zijn onderverdeeld in drie niveaus. Niveau 1 is hierbij de maatregel waarbij het minst wordt ingegrepen in de huidige situatie en bij niveau 3 wordt de maatregel beschreven waarbij het meest veranderd wordt ten opzichte van de huidige situatie.

De maatregelen bestaan vooral uit het vergroenen van de openbare ruimte om hittestress en de waterproblematiek te verminderen. Tevens worden er maatregelen gegeven waarbij waterberging mogelijk is.

Inhoud

Samenvatting.....	2
1. Inleiding.....	5
1.1 Aanleiding.....	5
1.2 Onderzoeksverantwoording.....	5
1.3 Leeswijzer	6
2. INVENTARISATIE	7
2.1 Ligging en Historie	7
2.2 Ondergrond	7
2.3 Watersysteem	8
2.5 Groenstructuur	12
2.5.1 Stralingsopname	12
2.5.2 Windopname.....	13
2.5.3 Zuivering van lucht.....	14
2.5.5 Neerslagonderschepping	14
2.5.6 Healing Environment	14
2.5.7 Biodiversiteit.....	15
2.5.8 Conclusie	16
2.7 Energie.....	17
3. Klimaatverandering	20
3.2 Gevolgen op grote schaal	21
3.4 Gevolgen op kleine schaal	22
3.5 Adaptatie en mitigatie.....	24
4. ANALYSE	26
4.1 Watersysteem	26
4.2 Groenstructuur	26
4.3 Energie.....	27
5. Visie en plan	29
5.1 Visie Klimaatbestendige binnenstad Delft	29
5.2 Specifieke oplossingen	33
.....	33
5.2.1 Adaptatie strategie	33
5.2.2 Mitigatie strategie	33

Zuidpoort.....	42
't Raam.....	47
6. Algemene oplossingen	53
6.1 Water.....	53
.....	53
6.2 Groen.....	54
6.3 Energie.....	55
7. Conclusie	57
Literatuurlijst.....	60
Bijlagen.....	63

1. Inleiding

1.1 Aanleiding

Door de toename van broeikasgassen stijgt de gemiddelde temperatuur op aarde. Dit heeft als gevolg dat het klimaat verandert. De komende decennia worden steeds extremere weersomstandigheden verwacht zoals lange periodes van droogte en een toename van de regenintensiteit. Hierdoor ontstaan er problemen zoals hittestress en wateroverlast. Deze problemen zullen voornamelijk optreden in stedelijke gebieden door de grote oppervlakte van verharding, dat de warmte vasthoudt en de neerslag niet laat doordringen in de bodem.

De binnenstad van Delft heeft momenteel ook met deze problemen te maken. Er zullen dus oplossingen bedacht dienen te worden om de binnenstad klimaatbestendig te maken. De Gemeente Delft heeft hierover een projectopdracht gemaakt (Bijlage 1) en dit vraagstuk neergelegd bij de studenten van de opleiding Landscape & Environment Management.

Het doel van dit project is om tot een uitvoerbaar plan te komen om de binnenstad van Delft klimaatbestendig te maken. Dit doel wordt bereikt met behulp van de volgende hoofdvraag:

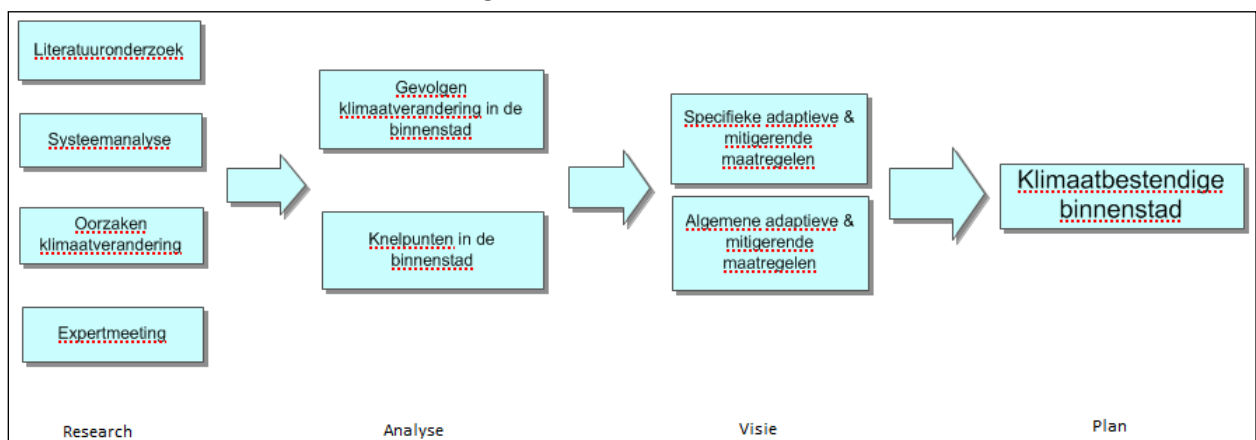
Op welke manier(en) kan de binnenstad van Delft klimaatbestendig(er) worden gemaakt?

De hoofdvraag zal worden beantwoord met behulp van de volgende deelvragen:

- Wat houdt de klimaatproblematiek in voor de binnenstad van Delft?
- Waar bevinden zich de knelpunten in de binnenstad van Delft?
- Wat houden de mitigerende en adaptieve maatregelen in voor de binnenstad van Delft?
- Wat zijn specifieke oplossingen om de binnenstad van Delft klimaatbestendig te maken?
- Welke kansen komen voort uit de te nemen maatregelen?

1.2 Onderzoeksverantwoording

Het project bestaat uit 4 fasen: inventarisatie (research), analyse, visie en plan (Figuur 1). Voor iedere fase wordt in deze onderzoeksverantwoording uitgelegd welke deelvragen beantwoord worden en welke bronnen daarvoor zullen worden gebruikt.



Figuur 1: Onderzoeksmodel

De eerste deelvraag: “Wat houdt de klimaatproblematiek in voor de binnenstad van Delft?”; is onderdeel van de researchfase. Hierin wordt onder andere de klimaatproblematiek in Delft geïnventariseerd aan de hand van een systeemanalyse, literatuuronderzoek en door een bezoek aan het projectgebied. Bij de systeemanalyse worden de lagen beschreven die zich in de stad bevinden zoals het oppervlaktewater, het wegennet, de groenstructuur en de mate van verharding. Hier wordt de opgedane kennis uit het literatuuronderzoek in verweven. Ook wordt er gekeken naar soortgelijke projecten in andere steden, die als voorbeeld kunnen dienen voor dit project. Om een goed beeld te krijgen van de milieuproblematiek in Delft kan worden verwezen naar het rapport Actualisatie Klimaatplan Delft 2008-2012 (Vakteam Milieu, 2009), Afkoppelvisie (Van der Werf, 2005) en de Nota Groen 2012 (Gemeente Delft, 2012). Naast het bestuderen van de literatuurbronnen is er ook een expert-meeting georganiseerd. Hierbij zijn experts van de gemeente, het waterschap en CE Delft uitgenodigd. Tijdens deze bijeenkomst zijn de tussentijdse resultaten van het onderzoek gepresenteerd waarna de experts daarover hebben kunnen oordelen, advies geven en informatie uitwisselen. De informatie verkregen uit deze meeting is toegepast op het vervolg van het project.

In de analysefase worden de deelvragen “Waar bevinden zich de knelpunten in de binnenstad van Delft?” en “Wat houden de mitigerende en adaptieve maatregelen in voor de binnenstad van Delft?” beantwoord. De problematiek in de binnenstad van Delft wordt nader bekeken aan de hand van de gegevens uit de research-fase. De oorzaken van de klimaatproblematiek en de gevolgen en knelpunten in de binnenstad van Delft worden in deze fase vastgesteld. Het rapport ‘Naar een klimaatbestendig Nederland’ (van Drunen, 2006) evenals het rapport ‘Ambitie Klimaatbestendige Stad 2050’ komen van pas bij het beantwoorden van deze deelvragen.

De kennis uit de analysefase worden vervolgens uitgewerkt tot een ideaalbeeld in de visie. De te nemen maatregelen voor het oplossen van de klimaatproblematiek in de binnenstad worden verdeeld onder mitigerende en adaptieve oplossingen. De laatste deelvraag “Wat zijn specifieke oplossingen om de binnenstad van Delft klimaatbestendig te maken?” wordt in deze fase beantwoord. Voor het beantwoorden van deze vraag wordt onder andere gebruik gemaakt van het rapport ‘Groenblauwe netwerken voor duurzame en dynamische steden (Pötz et al, 2012). De maatregelen die voorgesteld worden in deze fase leiden uiteindelijk tot de laatste fase, de plan-fase.

1.3 Leeswijzer

Allereerst worden de bevindingen van de inventarisatie beschreven. De ligging, historie, watersysteem, groenstructuur en het energieverbruik van de (binnenstad) Delft worden onder de loep genomen. Daarna volgt er een beschrijving over de klimaatsverandering en de gevolgen daarvan op mondiale, nationale en lokale schaal. Ook worden de begrippen mitigatie en adaptatie hierin toegelicht. In het daaropvolgende hoofdstuk worden de belangrijkste knelpunten opgenoemd. Aan de hand van deze knelpunten zijn de visie en maatregelen bedacht die deze problemen tegengaan. Deze maatregelen zijn opgesplitst in specifieke maatregelen voor enkele locaties in de binnenstad en algemene maatregelen die in theorie overal toepasbaar zijn in de binnenstad. Ten slotte worden de conclusies uit het onderzoek beschreven, worden de onderzoeksresultaten ter discussie gesteld en worden er aanbevelingen gedaan.

2. INVENTARISATIE

In dit hoofdstuk worden de eigenschappen van de binnenstad van Delft besproken. Er wordt onderscheid gemaakt in een aantal lagen. Allereerst wordt de ligging en de historie van het projectgebied besproken. Vervolgens gaan we in op de ondergrond, het watersysteem, de groenstructuur en de energie in de binnenstad. Hiermee worden de structuren van het gebied overzichtelijk weergegeven. Per onderwerp wordt ook achterliggende informatie gegeven over de relatie met klimaatbestendigheid.

2.1 Ligging en Historie

De stad Delft is gelegen tussen Rotterdam en Den Haag in de provincie Zuid-Holland. Het onderzoeksgebied van dit rapport omvat uitsluitend de oude binnenstad van Delft (Figuur 2). De fysieke grenzen worden met de klok mee gevormd door de Schie, de Westvest, de Phoenixstraat, de Wateringsevest en de Watertorengracht.



Figuur 2: Overzicht en begrenzing projectgebied (Google Maps)

Delft vindt haar oorsprong in het begin van de dertiende eeuw en kreeg in 1246 stadsrechten. De oude binnenstad nam zijn huidige vorm reeds aan in 1355. Aan het einde van de vijftiende eeuw werd de stad verbonden met de Nieuwe Maas bij Rotterdam door middel van het Schiekanaal. Hiermee kreeg Delft toegang tot de opkomende wereldhandel en behoorde het tot de zes grote Nederlandse steden.

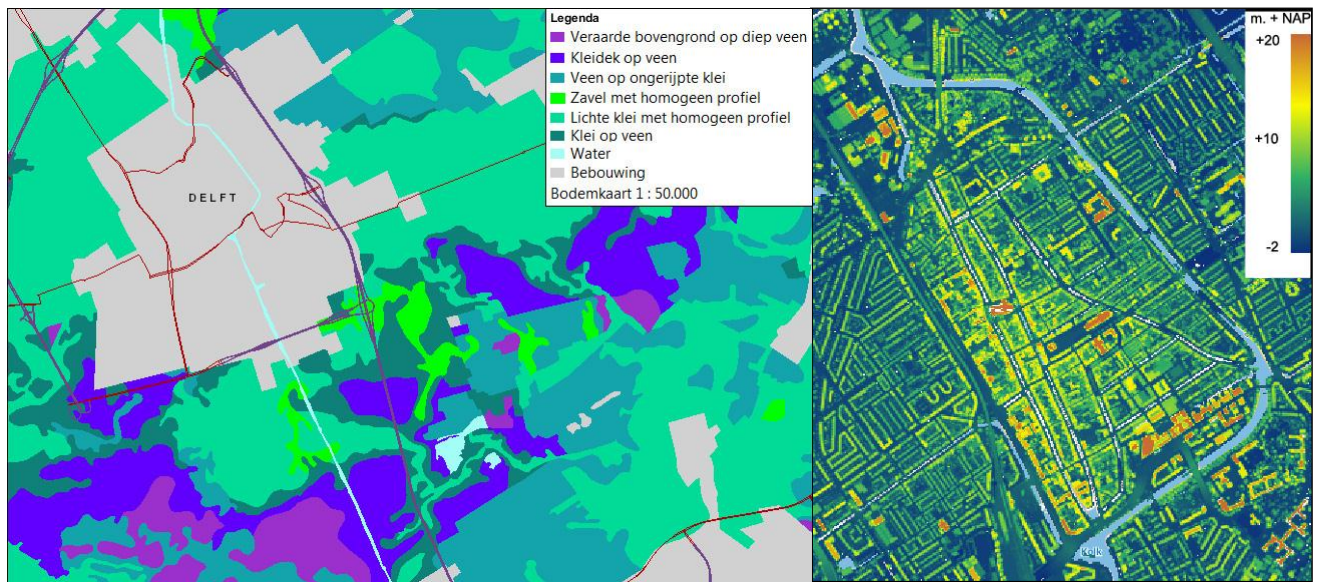
Rond het jaar 1600 werd er een vestiging van de Verenigde Oost-Indische Compagnie opgericht, waardoor de stad verder tot bloei kwam en de welvarendheid toenam. Door zijn lange en rijke geschiedenis is Delft een monumentale stad. Maar het is ook een stad van de toekomst. Door middel van technologie en innovatie worden maatschappelijke problemen op creatieve wijze opgelost en wordt de toon gezet voor de rest van de wereld. De indeling van de binnenstad van Delft is in de afgelopen jaren nauwelijks veranderd (Figuur 3).



Figuur 3: Binnenstad Delft in 1850 (Watwaswaar).

2.2 Ondergrond

De bodem rond Delft bestaat uit zeeleigonden en veengronden. Op regionaal niveau zijn hierin meerdere lagen te onderscheiden (Figuur 4). De omgeving van Delft bestaat voornamelijk uit klei en veen. De maaiveldhoogte van de binnenstad van Delft bedraagt 1.20m +N.A.P. op de Grote Markt (Figuur 5).



Figuur 4. Bodemkaart (Bodemdata).

Figuur 5. Maaiveldhoogte (AHN)

Het oudste gedeelte van de binnenstad is gelegen op een kreekrug van zand. Deze biedt een stevige basis voor de gebouwen. De delen die er later bij gekomen zijn, met name aan de oostkant van het projectgebied, liggen niet op deze kreekrug. Daarom zijn ze meer gevoelig voor bodemdaling en de problemen die daardoor worden veroorzaakt.

2.3 Watersysteem

De oude binnenstad en haar grachten

De binnenstad van Delft is al eeuwenlang voorzien van een fijnmazig grachtenstelsel. Daar omheen is een stelsel van boezems en poldersloten aanwezig (Figuur 6). De grachten in de binnenstad staan normaliter in open verbinding met de boezem, de Schie. Dit zorgt ervoor dat het geen autonoom watersysteem is, waardoor het qua kwaliteit en kwantiteit afhankelijk is van het omringende water. De kwaliteit van het oppervlaktewater is niet optimaal. Het is erg voedselrijk en er is veel zwerfafval in aanwezig. De kwantiteit kan sinds een aantal jaar worden beheerst door een stuwsysteem dat de grachten kan afsluiten van de boezem, bijvoorbeeld tijdens hevige neerslag. Dit is echter geen oplossing voor de bodemdaling.



Figuur 6. Overzicht watersysteem (Gemeente Delft, 2009).

Verontreiniging in oppervlaktewater

Een klein gedeelte van de binnenstad van Delft kent een gescheiden rioolsysteem maar het merendeel is nog altijd aangesloten op een gemengd rioolsysteem (Ruimtelijke plannen, 2012). Om riool overstorten te voorkomen wordt hemelwater afgevoerd op het oppervlaktewater. Dit brengt enige nadelen met zich mee t.a.v. de waterkwaliteit.

Emissiebronnen zoals snelwegen en fabrieken in de lokale omgeving of zelfs ver daarbuiten kunnen ertoe leiden dat hemelwater al verontreinigd is voordat het in contact is geweest met het verharde oppervlak. Verontreinigde neerslag kan een groot aandeel hebben aan de totale belasting van het oppervlaktewater.

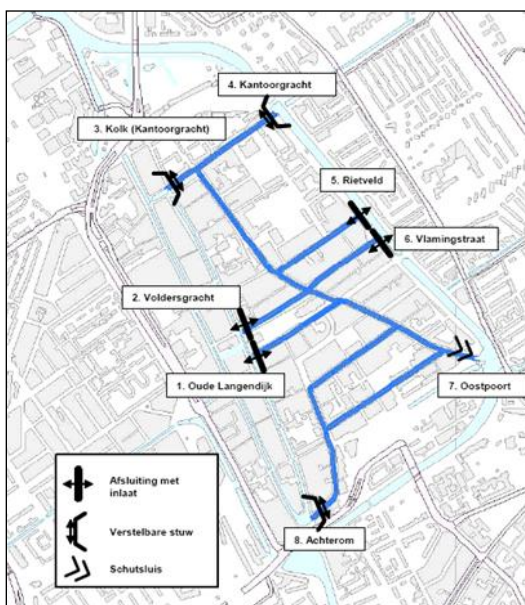
Afstromend water van verhard oppervlak zoals wegen kan nog allerlei andere verontreinigingen bevatten (Den Ouden et al, 2010). Denk aan zware metalen als lood, zink, koper en chroom, maar ook fijnstof, oliën polycyclische aromatische koolwaterstoffen (PAK). Hemelwater afkomstig van daken bevat probleemstoffen als lood en zink, die worden toegepast in bijvoorbeeld loodslabben, dakgoten en regenpijpen (R. van der Werf, 2005). Strooizout ter voorkoming van gladheid heeft ook sterk negatieve effecten op de waterkwaliteit. Het afstromen van chloride houdend water naar het oppervlaktewater resulteert in sterke wisselingen van het zoutgehalte waardoor gevoelige flora en fauna in het watersysteem zullen verdwijnen. Een vervuiliingsbron die sterk wordt onderschat is hondenpoep (Alterra, Wageningen, 2004).

Ter voorkoming van verontreiniging van het oppervlaktewater moeten er bepaalde maatregelen getroffen worden. Deze maatregelen kunnen het beste worden toegespitst op de bronnen. Vooral in het materiaalgebruik valt veel winst te behalen. Het onderhoud van de verharding kan ook worden verbeterd door zo min mogelijk te gebruiken bij bijvoorbeeld gladheidsbestrijding en onkruidbestrijding. Ook de hoeveelheid uitwerpselen van honden moet worden teruggebracht.

Al eerder werd vermeld dat de grachten een open verbinding kennen met de boezem. Het is dus zo dat de waterkwaliteit in de boezem een ongeveer zelfde kwaliteit kent als de grachten in de binnenstad. Met de huidige doelstellingen uit de Kaderrichtlijn Water is de verwachting dat de waterkwaliteit in de boezem zal verbeteren. Deze doelstellingen zullen de kwaliteit van het water in de binnenstad van Delft ook ten goede komen (Gemeente Delft, 2000).

Anticiperen op neerslag

Op regenval moet geanticipeerd worden om wateroverlast te voorkomen. Anticiperen wordt in de binnenstad gedaan door verlaging van het oppervlaktepeil (Tabel 1). Bij voorspelling van hevige regenval wordt de binnenstad van Delft afgesloten van het omliggende watersysteem zodat er geen water van de Schie de binnenstad binnen kan stromen. Dit afsluitingssysteem bestaat uit zes kantelstuwconstructies, een aanpassing van twee bestaande constructies (Rietveld en Vlaminggracht) en een geïntegreerd gemaal in de Duyvelgatsbrug (Figuur 7).



Figuur 7. Stuwsysteem binnenstad Delft (Ruimtelijkeplannen.nl)

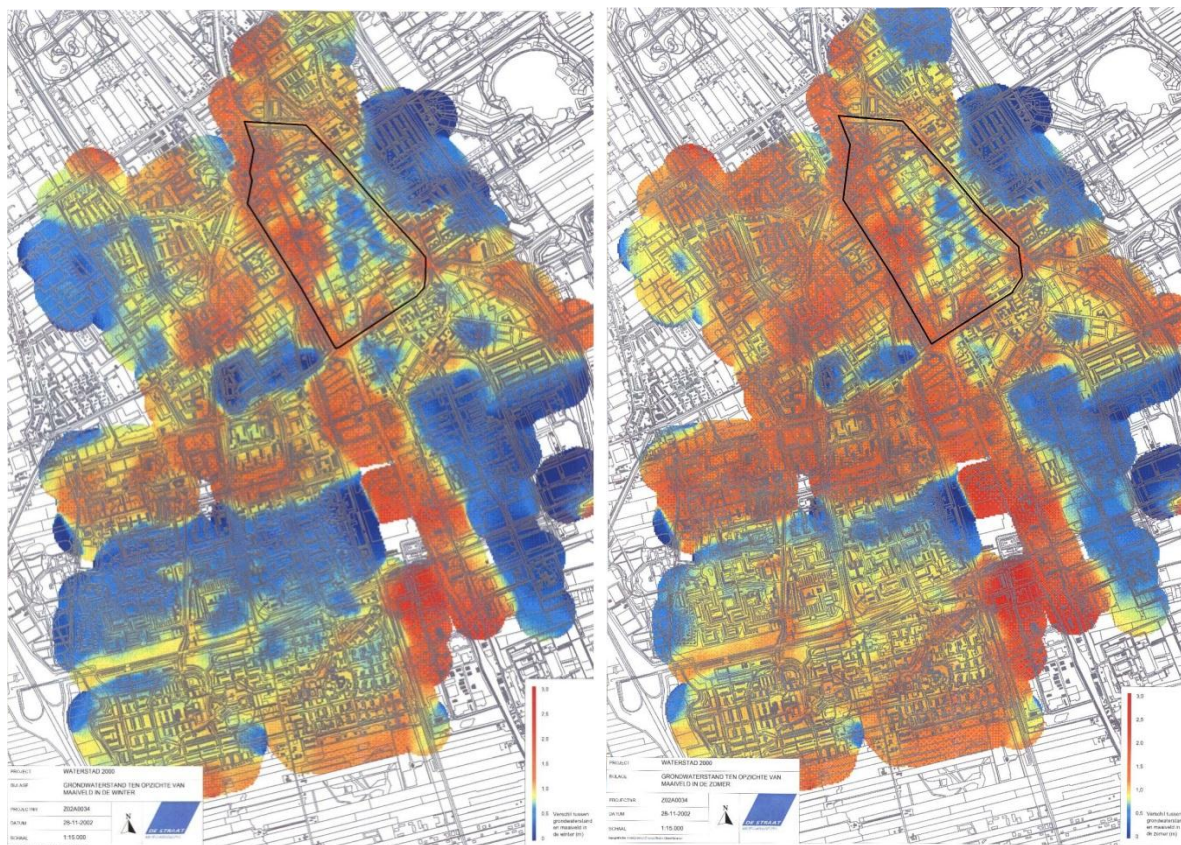
Bij lichte regenval zijn ingrepen niet nodig. Onder lichte regenval wordt verstaan: minder dan 25 millimeter per etmaal. Wanneer er gelijk aan of meer dan 25 millimeter per etmaal neerslag wordt voorspeld dan hoeft er in de binnenstad geen peilverlaging toegepast te worden (protocol A). Bij neerslagvoorspelling gelijk aan 40 mm of meer wordt het peil in de binnenstad teruggebracht naar 63 cm onder NAP (protocol B en C) (hhdelfland.nl).

Tabel 1. Verlaging oppervlaktewater bij neerslag (hhdelfland.nl).

Protocol	Verwachte neerslag	Binnenstad Peil verlagen?
-	minder dan 25 mm neerslag	nee
A	meer dan of gelijk aan 25 mm neerslag	nee
B	meer dan of gelijk aan 40 mm neerslag	Ja, naar 63 cm onder NAP*
C	meer dan of gelijk aan 50 mm neerslag	Ja, naar 63 cm onder NAP*

Het verlagen van het waterpeil is geen ideale maatregel om intensieve regenval op te vangen. Er is maar een beperkte daling van het peil mogelijk, bij een te laag waterpeil kan houtrot kan ontstaan in de funderingen onder de huizen. Door het afsluiten van het watersysteem is er tijdelijk geen doorstroming mogelijk. Afhankelijk van de duur kan dit negatieve gevolgen hebben. Geen doorstroming kan al snel leiden tot verslechtering van de waterkwaliteit. Dit effect wordt versterkt wanneer de riolering een gemengd systeem is waardoor er riool overstort kan plaatsvinden op het oppervlaktewater.

De grondwaterstand in de binnenstad verschilt sterk per locatie (Figuur 8). Het westelijke deel is gelegen op een zandrug waarbij de grondwaterstand zich 2 tot 3 meter onder het maaiveld bevindt. Het oostelijke deel ligt niet op de zandrug waardoor het grondwater 1 meter onder tot gelijk aan het maaiveld komt. Daarnaast is dit deel ook onderhevig aan bodemdaling waardoor het grondwater nog dichter naar het maaiveld zal komen. Met name het gebied rondom Rietveld en Vlamingstraat heeft veel overlast van de hoge grondwaterstand.



Figuur 8. Grondwaterstand 's winters (links) en 's zomers (rechts). Aan de blauwe kleur is te zien dat de grondwaterstand op verschillende plekken in de binnenstad (zwart omrand) 0,5 tot 0 meter onder het maaiveld komt. 's Winters neemt het oppervlak 'blauw' toe (Van der Werf, 2005b).

Conclusie

De binnenstad van Delft is al eeuwenlang voorzien van een fijnmazig grachtenstelsel. Daar omheen is een stelsel van boezems en poldersloten aanwezig. De grachten in de binnenstad staan normaliter in open verbinding met de boezem, de Schie. De kwantiteit kan sinds een aantal jaar worden beheerst door een stuwsysteem dat de grachten kan afsluiten van de boezem.

Een klein gedeelte van de binnenstad van Delft kent een gescheiden rioolsysteem, het merendeel is nog altijd aangesloten op een gemengd rioolsysteem. Het nadeel van een gemengd rioolsysteem is dat hemelwater afgevoerd wordt op het oppervlaktewater. Verontreinigde neerslag kan een groot aandeel hebben aan de totale belasting van het oppervlaktewater.

Om wateroverlast te voorkomen moet er geanticipeerd worden op aankomende regenval. Dit wordt gedaan door het waterpeil in de binnenstad te verlagen. Wanneer er een grote hoeveelheid neerslag wordt verwacht worden de grachten afgesloten van de Schie. Het verlagen van het waterpeil is geen ideale maatregel om intensieve regenval op te vangen er is namelijk maar een beperkte daling van het peil mogelijk, bij een te laag waterpeil kan houtrot ontstaan in de funderingen onder de huizen.

De grondwaterstand in de binnenstad verschilt sterk per locatie. Het westelijke deel is gelegen op een zandrug waarbij de grondwaterstand zich 2 tot 3 meter onder het maaiveld bevindt. Het oostelijke deel ligt niet op de zandrug waardoor het grondwater 1 meter onder tot gelijk aan het maaiveld komt. Met name het gebied rondom Rietveld en Vlamingstraat heeft veel overlast van de hoge grondwaterstand.

2.5 Groenstructuur

De aanwezigheid van groen speelt een belangrijke rol in de leefbaarheid van de binnenstad. Onder groen worden alle vormen van vegetatie verstaan. Dit zijn zowel grote bomen en struiken als lage, soms onopvallend kleine kruiden en mossen. Het overkoepelende begrip voor deze organismen is het woord planten, *Plantae* (Weeda, Westra, Westra & Westra, 1985).

Groen kan op meerdere wijzen een bijdrage leveren aan de leefbaarheid van de binnenstad van Delft.

2.5.1 Stralingsopname

Een eigenschap van planten is dat zij er voor zorgen dat niet al het licht de bodem kan bereiken (Den Ouden et al, 2010). Niet alleen door de massieve elementen zoals stammen en takken, maar vooral ook door de bladeren. Door deze lichtonderschepping zorgen zij er voor dat de lichtintensiteit afneemt naarmate de dichtheid van de vegetatie toeneemt. Dit is bijvoorbeeld goed te merken in dichte bossen, waar het overdag veel donkerder is dan in open gebied (Den Ouden et al, 2010).

De straling aan beide zijden van het waarneembare spectrum heeft negatieve gevolgen voor de mens. Langdurige blootstelling aan UV-straling is schadelijk voor de gezondheid, en absorptie van IR-straling zorgt voor hogere temperaturen. Planten zorgen er juist voor dat beide vormen van straling afnemen, wat dus positieve gevolgen heeft voor de leefbaarheid. In de binnenstad van Delft is veel verhard oppervlak aanwezig. Dit zorgt er voor dat de temperatuur hier op warme dagen flink hoger kan zijn. Na het vergelijken van de groenkaart (Figuur 9) en de warmtekaart van de binnenstad is het duidelijk dat de hoogste temperaturen te vinden zijn waar het minste groen aanwezig is.



Figuur 9. Overzicht groenstructuur Delft.

2.5.2 Windopname

Met name in het najaars- en winterseizoen kan Nederland te maken krijgen met zware depressies vanaf de Atlantische oceaan (Geurts & Kuiper, 1997). Deze depressies brengen vaak veel regenval en harde wind met zich mee. Door de uitstoot van broeikasgassen neemt de energie in de atmosfeer toe, waardoor de frequentie en intensiteit van zware stormen waarschijnlijk zal toenemen. Dit kan ernstige hinder en schade toebrengen aan stedelijke gebieden.

De windsnelheid kan op de grond sterk worden teruggebracht door groen (Den Ouden et al, 2010). De stammen, takken en bladeren functioneren als windschermen. Denk maar aan de windsingels van bijvoorbeeld Zwarte elzen (*Alnus glutinosa*) om een boomgaard. Ze absorberen de energie van de wind waardoor de snelheid afneemt. Opgemerkt moet worden dat bij extreme windsnelheden (>100km. per uur) de schade door vallende takken en bomen toe kan nemen. Door het gebruik van lager en groen zoals bosschages wordt dit risico vermeden.

Bij de groei van planten wordt koolstof vastgelegd, maar als deze sterven en worden afgebroken komt het opnieuw vrij. Door het hout te gebruiken als grondstof wordt voorkomen dat het wordt afgebroken, waardoor de koolstof vastgelegd blijft. Bouwen met verantwoord gekapt hout is dus niet alleen een duurzame oplossing voor ecologie maar ook voor het klimaat.

2.5.3 Zuivering van lucht

Behalve door middel van CO₂-opname heeft vegetatie ook andere effecten op de mate van luchtvervuiling (Wesseling et al, 2011). Luchtvervuiling wordt voornamelijk veroorzaakt door de verbranding van fossiele brandstoffen en bemesting in de landbouw. Bekende vormen van luchtvervuiling zijn bijvoorbeeld ammonium (NH₄⁺), stikstofoxiden (NO_x) en zwaveldioxide (SO₂) (Den Ouden et al, 2010). Het meest schadelijk voor de mens is echter fijnstof; deeltjes met een diameter van minder dan 10 micrometer (Van der Zee & Walda, 2008). Zij komen vooral terecht in de longen en kunnen zelfs worden opgenomen in het bloed. In beide situaties kunnen zij ernstige gevolgen hebben. Recente nieuwsberichten uit de Chinese stad Peking, waar de luchtvervuiling stilaan dramatische vormen aanneemt, spreken van een toename van het aantal longkankerdiagnoses van ruim 50% in slechts tien jaar tijd (Pleasance, 2013).

De luchtkwaliteit in de binnenstad is momenteel redelijk. Er bevinden zich geen grote bronnen van uitstoot in de omgeving, er rijden relatief weinig auto's en er bevinden zich geen grote fabrieken of veeteeltbedrijven in de nabije omgeving.

2.5.5 Neerslagonderschepping

Iedereen is bekend met het principe van onderschepping van neerslag door groen. Als het plotseling begint te regenen en je hebt geen paraplu bij je ga je onder een boom staan. De onderschepping van de neerslag wordt veroorzaakt door het bladerdek. Eerst worden de bovenste bladeren nat, vervolgens die daaronder enzovoort. Het is dus afhankelijk van de dichtheid en gelaagdheid van het bladerdek hoe lang het duurt voor het ook onder de boom nat wordt. Na kleine buien kan het zelfs zo zijn dat de grond onder de boom helemaal geen neerslag heeft ontvangen, alles is dan opgevangen door de bladeren (Den Ouden et al, 2010).

Deze neerslaginterceptie leidt tot een vermindering van de wateraanvoer naar de bodem. In het geval van stedelijk gebied met verharding naar het rioleringsstelsel of het oppervlaktewater. Op jaarbasis bedraagt de interceptie in bossen 10 tot 30% van de totale hoeveelheid neerslag (Den Ouden et al, 2010). Dit heeft een groot effect op de hoeveelheid neerslag dat de bodem bereikt. Er dient rekening te worden gehouden met het feit dat deze getallen gelden voor bossen. In stedelijk gebied zal dit getal lager zijn. Desondanks kan dit in de binnenstad met veel verharding alsnog een positief effect hebben op de hoeveelheid af te voeren water. In stedelijk gebied wordt ca. twee procent van de neerslaghoeveelheid onderschept. Soorten als iep (Ulmus), esdoorn (Acer) en populier (populus) zijn in staat om per boom ongeveer 4500 liter op jaarbasis te onderscheppen. Deze gegevens zijn afkomstig uit onderzoeken die uitgevoerd zijn in de Amerikaanse stad Fort Collins. (Tonneijck, 2008)

2.5.6 Healing Environment

De letterlijke betekenis van Healing Environment is helende omgeving. Dit houdt in dat de omgeving van een ziek persoon de mentale en fysieke gesteldheid kan verbeteren. Uit onderzoek blijkt dat een helende omgeving een omgeving is waarin veel groen in voorkomt.

Wetenschapper Roger Ulrich heeft onderzoek uitgevoerd naar Healing Environment (Prevosth et al, 2013). Dit onderzoek voerde Ulrich uit op een groep van 46 patiënten waarvan de galblaas was verwijderd. Deze groep werd onderverdeeld in twee groepen van ieder 23 personen, waarbij de ene helft tijdens de genezingsperiode uitzicht had op een muur en bij de andere helft was dit uitzicht een natuurlijke omgeving. De groep met uitzicht op een natuurlijke omgeving slikte minder pijnstillers, had minder last van klachten en genees sneller. Sinds dit onderzoek zijn er meerdere studies verricht op de Healing Environment en is aangetoond dat een groene omgeving daadwerkelijk invloed heeft op het herstellend vermogen van de mens.

Niet alleen voor zieke mensen is het belangrijk dat zij zich in een groene omgeving bevinden, maar voor alle mensen heeft groen een positief effect op de gesteldheid (Alterra, 2009) Het is belangrijk dat er bij ruimtelijke plannen rekening wordt gehouden met het toepassen van voldoende groen. Vele negatieve verschijnselen die ontstaan bij mensen, zoals depressies, stress en angsttoornissen, kunnen worden beperkt naar mate er meer groen is in de buurt van hun woning. Naast deze verschijnselen heeft groen ook een positief effect op de saamhorigheid. Mensen die in een buurt wonen waar veel groen aanwezig is, komen eerder naar buiten en ontmoeten op deze manier andere buurtbewoners, waardoor de band onderling sterker wordt. Hierdoor voelen mensen zich eerder verbonden met hun woonomgeving en zijn daardoor ook eerder bereid om deze omgeving te onderhouden. Het onderhouden en beheren van groen zorgt voor een kwaliteitsverbetering van de omgeving en de gezondheid.

2.5.7 Biodiversiteit

Het woord biodiversiteit vindt zijn oorsprong in 1985 en wordt gebruikt om de rijkdom aan levensvormen in een bepaald gebied of ecosysteem te kwantificeren (Roorda, 2007). De laatste decennia wordt het veelal in negatieve zin gebruikt; de biodiversiteit neemt af. De vraag waarom biodiversiteit relevant is wordt vaak gesteld. Meest voor de hand liggend is dat wij als mens de ethische verantwoording hebben om andere levensvormen te respecteren en hun voortbestaan niet in gevaar te brengen. Recent onderzoek heeft echter uitgewezen dat de mate aan biodiversiteit rechtstreeks invloed heeft op het functioneren van een ecosysteem (Roorda, 2007). Aangezien wij in het dagelijks leven in grote mate afhankelijk zijn van het ecosysteem, denk bijvoorbeeld aan gewasbestuivende insecten, lijkt biodiversiteit een belangrijker kwestie dan voorheen werd gedacht.

Hoewel de biodiversiteit in stedelijk gebied zoals een binnenstad relatief laag is kan het toch een belangrijke bijdrage leveren op grotere schaal. De gebouwen worden door veel dieren gebruikt als rust- of nestplaats, zoals gierzwaluwen *Apus apus* en vleermuizen. In stedelijk gebied is door de grote mate aan verharding een opvallend warmer microklimaat dan in het buitengebied. Gemiddeld is het er 2 graden Celcius warmer, waardoor de laagste temperaturen worden hoger zijn en de vorstperiode korter duurt (Roos en Woudenberg, 2004). Dit heeft als resultaat dat vooral warmteminnende plantensoorten uit zuidelijke streken zich kunnen vestigen in het stedelijk gebied. Dit kan voor sommige dienen als uitvalsbasis om vervolgens de rest van het land de bevolken. Een goed voorbeeld van een zuidelijke plantensoort welke zich sinds kort thuis voelt in Nederlandse steden is de Vijgenboom *Ficus carica* (Elfferich et al, 2011). In de binnenstad van Delft wordt bijvoorbeeld Kransmuur *Polycarpon tetraphyllum* steeds vaker aangetroffen (Pers. Obs.). Een vegetatie waar de binnenstad van Delft een belangrijke bijdrage aan levert zijn de muurplanten. Dit

zijn soorten als Muurleeuwenbek *Cymbalaria muralis*, Muurvaren *Asplenium ruta-muraria*, Steenbreekvaren *Asplenium trichomanes* en Tongvaren *Asplenium scolopendrium*. Deze worden ook in toenemende mate aangetroffen in de binnenstad van Delft waar zij zorgen voor een pittoresk beeld (Van der Ham, 2009). Deze muurflora wordt beschermd door de Handleiding voor de bescherming van bedreigde muurflora door het Ministerie van LNV (1989). Met reparaties en renovaties dient dan ook voorzichtig te worden omgegaan met de groeiplaatsen, anders kan het biotoop voor tientallen jaren worden vernietigd (Nonhof & Van der Ham, 2011).

2.5.8 Conclusie

De aanwezigheid van groen speelt een belangrijke rol in de leefbaarheid van de binnenstad. Een belangrijke eigenschap van planten is dat zij er voor zorgen dat niet al het licht de bodem kan bereiken. Deze straling heeft negatieve gevolgen voor de mens. Planten zorgen er juist voor dat beide vormen van straling afnemen, wat de leefbaarheid positief beïnvloed. In de binnenstad van Delft is veel verhard oppervlak aanwezig. Dit zorgt er voor dat de temperatuur hier op warme dagen flink hoger kan zijn. Groen neemt de straling die warmte laat voelen op in het bladerdek.

Groen heeft nog als functie dat de windsnelheid op de grond sterk kan worden teruggebracht. Ze absorberen de energie van de wind waardoor de snelheid afneemt.

Behalve door middel van CO₂ -opname heeft vegetatie ook andere effecten op de mate van luchtvervuiling. Bomen nemen fijnstoffen en andere schadelijke stoffen op. Met deze eigenschap wordt de kwaliteit van de leefomgeving op peil gehouden en mogelijk verbeterd.

Groen draagt ook bij aan de opvang van neerslag, het bladerdek houdt een bepaalde hoeveelheid hemelwater vast wat ervoor zorgt dat groen ook bijdraagt aan het vertragen van de afvoer van hemelwater.

Onderzoek heeft uitgewezen dat groen een positief effect heeft op de gesteldheid van mensen, zo genezen mensen sneller in een groene omgeving dan wanneer zij in een omgeving zijn met weinig tot geen groen.

2.7 Energie

Door klimaatverandering en het dreigende gevaar dat fossiele brandstoffen opraken worden er mondiaal maatregelen getroffen om zuiniger met energie om te gaan. In maart 2007 heeft Europa het 20-20-20 doel geschreven. Dit houdt in dat in 2020 het energieverbruik en de CO₂ uitstoot met 20% gedaald moet zijn en dat het gebruik van duurzame energie met 20% moet zijn gestegen ten opzichte van 1990 (ec.europa.eu, 2013). Ook op gemeentelijk niveau is het belangrijk om op een verantwoorde wijze met het energievraagstuk om te gaan. In dit hoofdstuk wordt een algemene beschrijving gegeven van energie en worden de kansen voor duurzame energie beschreven die toepasbaar zijn in de binnenstad van Delft.

Tegenwoordig wordt veel aandacht besteed aan de onderwerpen klimaatverandering, energieverbruik en duurzaamheid. Dit zijn begrippen die met elkaar in verband staan, want de huidige klimaatverandering wordt veroorzaakt door het energieverbruik van de mensheid. Er dient dus te worden gekeken naar duurzame alternatieven, zodat klimaatverandering zoveel mogelijk kan worden voorkomen.

Het is belangrijk dat lokale overheden zich bezighouden met duurzaamheid. Elke gemeente is verantwoordelijk voor de kwaliteit van de leefomgeving van zijn of haar inwoners en is daardoor genoodzaakt om duurzame energievoorzieningen toe te passen en de uitstoot van broeikasgassen te verminderen. Dit kan worden behaald door middel van ruimtelijke inrichting, bouwen en wonen en het handhaven van de Wet Milieubeheer. Veel gemeenten in Nederland hebben een klimaatbeleidsplan gemaakt en voeren klimaatprojecten uit. Dit geldt ook voor gemeente Delft.

Gemeente Delft houdt zich al lange tijd bezig om van Delft een duurzame stad te maken. Projecten die hierbij een belangrijke bijdrage hebben geleverd in de afgelopen jaren zijn Delfts Energie Agentschap (DEA) en het 100 Delfts blauwe daken project. Het DEA is een stichting met als bestuur de gemeente, woningcorporaties, bedrijven en andere partijen. Deze leden hebben zich ingezet om een bijdrage te leveren aan een duurzamere samenleving door innovatieve projecten gericht op het stimuleren van duurzame energie, het besparen van de energie en het verminderen van de uitstoot van brandstoffen (Stichting Erea, 2013). Het project '100 Delfts blauwe daken' heeft geleid dat circa 400 daken in Delft zijn voorzien van een zonnepanelensysteem.

Het klimaatbeleidsplan van Delft, waarin ambities zijn beschreven die gericht zijn op energie en klimaat, staan in het 'Klimaatplan 3E'. Dit rapport is bijgewerkt tot het rapport 'Actualisatie Klimaatplan 2008-2012'. In dit rapport staat als doel dat de CO₂ uitstoot van Delft in 2030 met 50% zal zijn afgenomen ten opzichte van de CO₂ uitstoot in het jaar 1990. Hierbij worden onder andere de volgende maatregelen en projecten beschreven die tot dit doel moeten leiden:

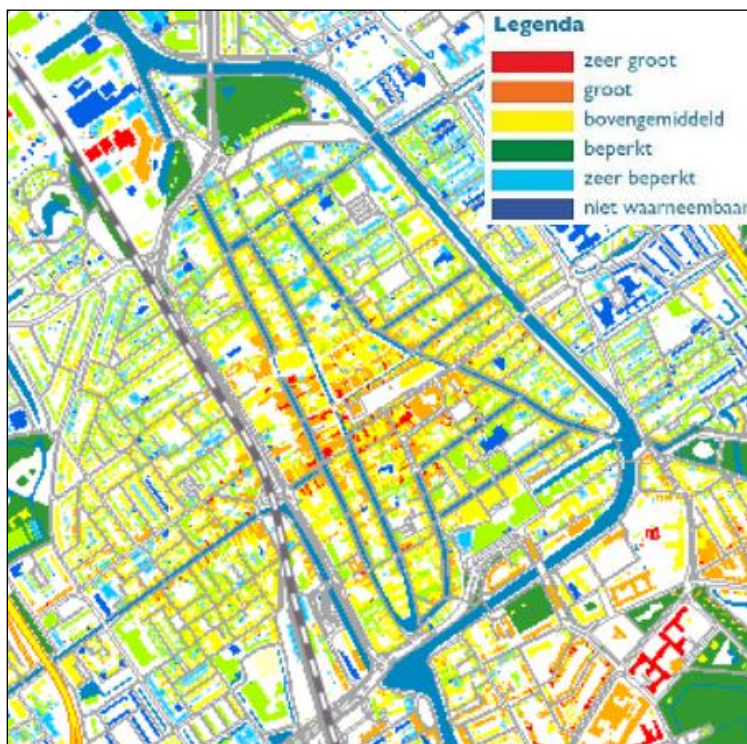
- In openbare gebouwen zoals scholen en gemeentelijke instanties wordt gekeken op welke manier energie kan worden bespaard.
- Met het project 'Steek energie in je woning' wordt informatie verstrekt over energiebesparende maatregelen die van toepassing zijn op woningen, waardoor de energielabels van deze woningen worden verbeterd (EnergieLoket.info, 2013).
- Het aanbieden van energiescans voor energiebesparing van sportverenigingen in Delft.

- In de periode van 2009 tot en met juli 2013 heeft de gemeente door middel van subsidieregelingen huiseigenaren gestimuleerd tot energiebesparing.
- Om duurzame energie te stimuleren verstrekt de gemeente geldleningen tegen een lage rente om daar duurzame energievoorzieningen mee aan te schaffen.
- De gemeente heeft een thermografische kaart van Delft gemaakt, waarop te zien is waar warmteverlies plaatsvindt. Inwoners kunnen daardoor zien of hun woning of bedrijf veel warmte verliest.

Warmteverlies in Delft

Door onvoldoende isolatie van daken kan er veel warmteverlies optreden. Dit wordt veroorzaakt doordat de temperatuur onder het dak hoger is dan de buitenlucht. Met een goede isolatie kan dit warmteverlies sterk worden verminderd.

In de avond 26 januari 2009 is er door Aerodata een thermografische opname van Delft gemaakt (Figuur 10). De weersomstandigheden waren gunstig: helder, weinig wind en een gemiddelde temperatuur van 1,1 graden Celsius. Na bewerking van de beelden is er een legenda opgesteld waarin zes klassen worden weergegeven. Dit betreft geen absolute maat, maar is gebaseerd op de gemiddelde warme-uitstraling in Delft. Te zie is dat de gebouwen in het gebied rond de Grote Markt een zeer grote warmte-uitstraling hebben. Met name in het noordelijk deel van de binnenstad bevinden zich enkele gebouwen waarbij het de warmte-uitstraling zeer beperkt is. Het merendeel van de gebouwen in de binnenstad hebben een bovengemiddeld warmteverlies.



Figuur 10. Thermografische kaart (Aerodata).

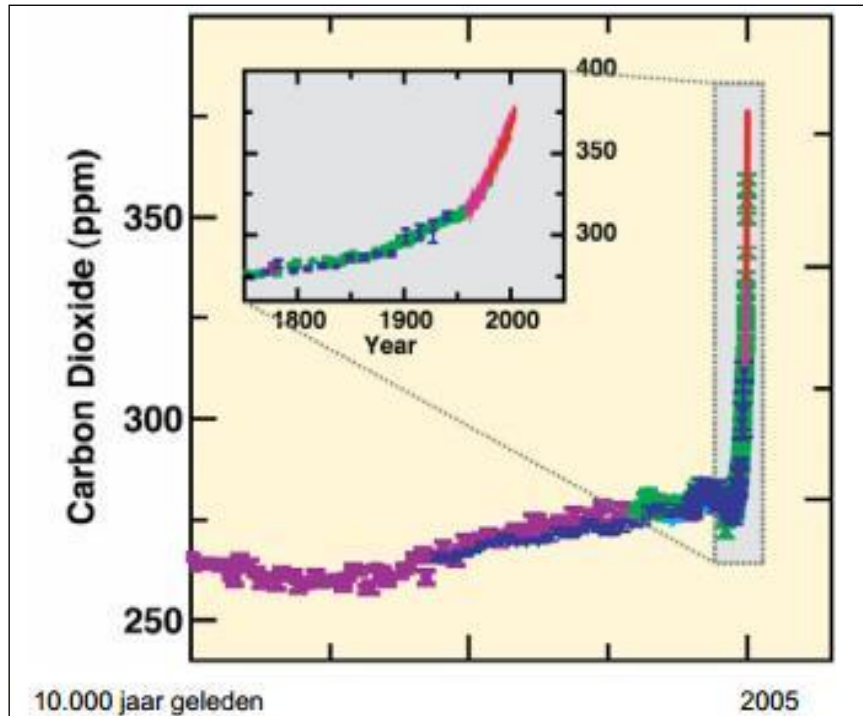
Conclusie

Elke gemeente is verantwoordelijk voor de kwaliteit van de leefomgeving van zijn of haar inwoners en is daardoor genoodzaakt om duurzame energievoorzieningen toe te passen en de uitstoot van broeikasgassen te verminderen. Gemeente Delft houdt zich al lange tijd bezig om van Delft een duurzame stad te maken. Projecten die hierbij een belangrijke bijdrage hebben geleverd in de afgelopen jaren zijn Delfts Energie Agentschap (DEA) en het 100 Delfts blauwe daken project.

3. KLIMAATVERANDERING

In dit hoofdstuk wordt de klimaatverandering behandeld. De klimaatverandering vormt een belangrijke aanleiding voor veel gemeenten om tot een aanpassingsplan te komen. Het is daarom van belang om eerst duidelijk uiteen te zetten wat deze klimaatverandering veroorzaakt en precies inhoudt (op verschillende schaalniveaus). De klimaatverandering kan op lokaal niveau andere veranderingen teweeg brengen dan elders. In dit hoofdstuk wordt van groot naar klein de gevolgen van deze klimaatverandering beschreven.

Volgens vele deskundigen wordt de klimaatverandering vooral veroorzaakt door de uitstoot van broeikasgassen, zoals CO₂, methaan en lachgas. Het mondiale klimaat wordt vooral bepaald door de zonnestraling en de toestand van de atmosfeer. De broeikasgassen spelen hierbij een belangrijke rol. Volgens het 'Intergovernmental Panel on Climate Change' (IPCC) van de Verenigde Naties concludeerden in 2007 dat menselijk handelen draagt bij aan de uitstoot ervan. Veel broeikasgassen worden uitgestoten door de verbranding van fossiele brandstoffen, landbouw en veeteelt. Vanaf de industriële revolutie rond het jaar 1750 is de concentratie koolstofdioxide exponentieel toegenomen (Figuur 11). Ook het kappen van bossen draagt bij aan een toename van broeikasgassen, aangezien daarin grote hoeveelheden koolstof zijn opgeslagen (Kortmann, L.J. et al, 2007).



Figuur 11. Ontwikkeling van de concentratie CO₂ in de lucht. (climatequest.com)

3.2 Gevolgen op grote schaal

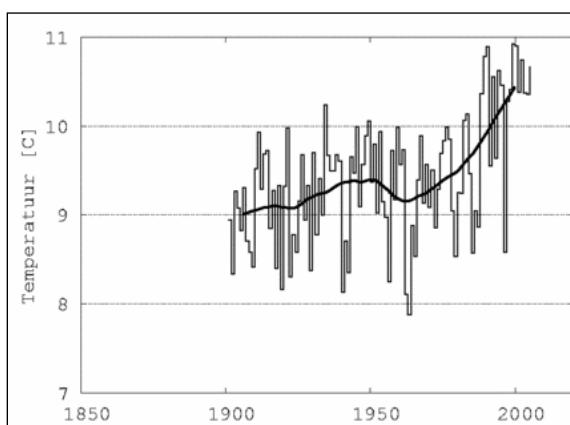
Een van de meest zorgwekkende gevolgen van de klimaatverandering is de temperatuurstijging. Niet alleen de lucht warmt op, maar ook de oceanen. Dit heeft gevolgen voor onder andere de sneeuw- en ijsbedekking, de neerslaghoeveelheden en de zeespiegelstijging. De gevolgen lopen uiteen per regio, waarbij sommige gebieden natter, sommige droger worden en de sneeuw- en ijsgrenzen teruglopen (Kortmann, L.J. et al, 2007).

Naar verwachting van het IPCC zullen de belangrijkste klimaatveranderingen tegen 2100 zijn:

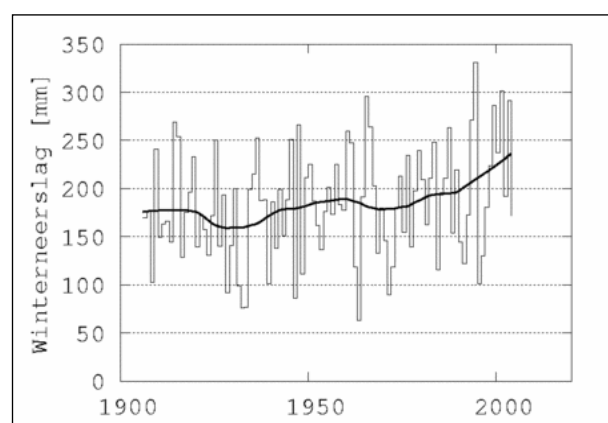
- Een geschatte temperatuurstijging van 1,1-6,4 ° Celcius
- In sommige gebieden neemt de hoeveelheid neerslag toe, in andere gebieden juist af
- De zeespiegel zal 18-59 cm stijgen, onder andere door het smelten van gletsjers en ijskappen, maar ook omdat warm water meer volume heeft dan koud water.
- In Noordwest Europa zal de temperatuurstijging minder groot zijn, omdat de Golfstroom, verantwoordelijk voor de aanvoer van warm water uit het Caribisch gebied, in sterkte zal afnemen.

De klimaatveranderingen hebben ook gevolgen op economisch en ecologisch niveau. Het is bewezen dat een kleine temperatuurstijging al grote gevolgen kan hebben voor de biodiversiteit. De gevolgen van overstromingen, droogte en andere klimaateffecten alsook de adaptieve en mitigerende maatregelen zullen veel kosten met zich mee brengen.

In Nederland is door het KNMI vastgesteld dat de temperatuur in de afgelopen jaren ongeveer 2 keer zo hard is gestegen als het wereldgemiddelde. In ons land was de temperatuur rond het jaar 2000 gemiddeld 1,2°C hoger dan rond 1900 (Figuur 12). Naar alle waarschijnlijkheid is deze toename systematisch en geen natuurlijke schommeling. Er zijn verschillende oorzaken hiervoor te bedenken. Voor de winter ligt dit aan een toename van westenwinden. 's Zomers ligt dit aan een afname van bewolking en het schoner worden van de lucht (minder stofdeeltjes) waardoor er meer zonnestraling het aardoppervlak bereikt. Het is onduidelijk of de trend van de westenwinden en de afname van bewolking zich door zal zetten. Op de langere termijn kunnen de gevolgen van de veranderingen in de Golfstroom ook een rol gaan spelen. (Klein Tank, A.M.G. et al, 2009)



Figuur 12 (links). Gemiddelde jaartemperatuur in de Bilt tussen 1850 en 2005. Hierop is ook te zien dat de temperatuurschommelingen groter zijn geworden (knmi.nl).



Figuur 13 (rechts). Winterneerslag in Nederland (december-februari) tussen 1900 en 2005 (knmi.nl).

Daarnaast is er een toename van de hoeveelheid winterneerslag geconstateerd (Figuur 13). In Nederland is de jaarlijkse neerslag vanaf 1906 toegenomen met 18% (winterse neerslagtoename van 26%). Recent onderzoek brengt dit in verband met antropologische invloed. Het KNMI voorspelt dan ook een verdere toename van deze neerslag. Piekafvoeren van bijvoorbeeld de Maas en de Rijn zullen vaker plaats gaan vinden in de toekomst. Verder zal de verdamping toenemen door de temperatuurstijging. Dit kan leiden tot (tijdelijke) uitdroging van de bodem. De temperatuurstijging kan ook invloed hebben op de luchtdrukpatronen, wat er voor kan zorgen dat de heersende windrichtingen in Nederland veranderen. De frequentie en intensiteit van buien zal toenemen omdat er meer verdamping plaatsvindt. De duur van de buien zal waarschijnlijk afnemen (Klein Tank, A.M.G. et al, 2009).

Belangrijk voor Nederland is de zeespiegelstijging. Nederland is afhankelijk van een goede waterkering, aangezien een groot deel van het landoppervlak onder de zeespiegel ligt. Daarnaast lijkt de temperatuur van de Noordzee ook te stijgen. Bij bepaalde luchtstromingen kan er aan de kust meer neerslag vallen dan in het oosten van Nederland. Voornamelijk wanneer koude en instabiele lucht over een warme Noordzee worden aangevoerd (Klein Tank, A.M.G. et al, 2009).

3.4 Gevolgen op kleine schaal

De klimaatverandering heeft vergelijkbare gevolgen op regionale en lokale schaal. Ook hier geldt een temperatuurstijging, een toename van (winterse) neerslag en een toename van de neerslagfrequentie en -intensiteit 's zomers. In reactie op de (voorspelde) klimaatverandering passen veel lokale overheden hun beleid aan. Zo neemt het stadsgewest Haaglanden verschillende maatregelen voor energiebesparing:

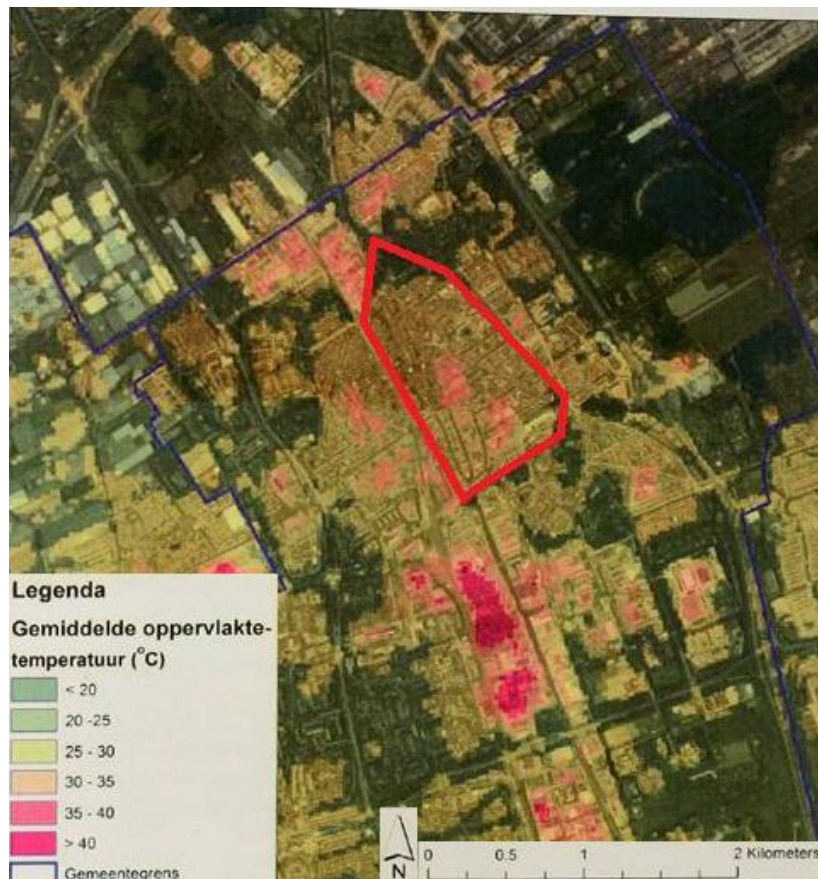
- Zuinig omgaan met energie bij woningen, kantoren en bedrijven.
- Energieprestatie op locatie (EPL) en de Stimuleringsregeling Lokale Klimaatinitiatieven. (SLoK) Het eerste is een maat voor CO₂-uitstoot en het laatste een uitkeringsfonds voor kleinere overheden om klimaatinitiatieven te stimuleren.
- Gebruik van schone brandstoffen stimuleren. Brandstoffen die minder kooldioxide uitstoten. Voorbeelden: rijden op Groengras en het gebruik van aardgas in OV-bussen.
- Stimuleren van gemeente om openbare verlichting te dimmen en energiezuinige armaturen te gebruiken.
- Inwoners te stimuleren over te gaan op energiezuinige verlichting.

Ook houdt stadsgewest Haaglanden zich bezig met verschillende projecten met betrekking tot energiebesparing in woningen. Zo steunt het onder andere het project '20 energie neutrale particuliere woningen in Delft en Den Haag (Haaglanden.nl).

In de vorige paragraaf zijn we al ingegaan op de klimaatveranderingen in Nederland. De belangrijkste punten hiervan voor Delft zijn onder andere de stijging van de temperatuur en de toename van de hoeveelheid en intensiteit van de neerslag. Het is daarom belangrijk bij het klimaatbestendig maken van deze stad te kijken naar waterberging en -afvoer en het tegengaan van hittestress. Zeker de binnenstad, waar veel verharding aanwezig is, is extra kwetsbaar voor een toename van de temperatuur. De langere droge periodes kunnen kansen bieden voor de recreatie, maar leiden ook tot meer energieverbruik. Deze zaken hebben er onder ander toe geleid dat de gemeente een actieplan beoogd voor het klimaatbestendig maken van de binnenstad (Bijlage 1).

Temperatuurstijging, hittestress en ecologie

In steden zijn de gevolgen van klimaatverandering extra voelbaar door het Urban Heat Island (UHI) effect. Het UHI-effect betekent dat er 's nachts een hogere temperatuur is in de stad, dan in het omliggende gebied. Verschillen van 3 tot 5 graden Celsius zijn normaal, maar de verschillen kunnen oplopen tot 10 graden (Figuur 14). Factoren die bijdragen aan de hitte zijn verharde oppervlakten, warmteproductie door verkeer en een schaarheid aan vegetatie en open water wat een verkoelende werking heeft. De verwachting is dat dit effect in de toekomst nog groter wordt. Ook overdag zullen de temperaturen oplopen (wageningenur.com).



Figuur 14. Temperatuur Delft tijdens een zomerse dag. Te zien is dat de temperatuur het hoogst oploopt in het industriegebied langs de Schie. Verder zijn er ook in de binnenstad (rood omrand) delen waar de oppervlaktetemperatuur tegen de 40°C kan oplopen (Nota Groen).

Dit heeft grote gevolgen voor de leefbaarheid in de stad en de gezondheid van de inwoners. Door hittestress neemt de arbeidsproductiviteit af, stijgt het sterftcijfer onder kwetsbare groepen en er kan een toename van agressief gedrag ontstaan. Ook voor de ecologie heeft dit gevolgen. Zo houden sommige stadsvogels er een tropische, jaarronde broedcyclus op na. In de stad is ruimte schaars. Voor klimaatadaptatie en mitigatie is ze dus afhankelijk van kleinere projecten. Vegetatiedaken, begroeiende gevels, stadsbomen, wadi's, waterpleinen en halfbestrating kunnen middelen zijn om niet alleen de hittestress tegen te gaan, maar ook om regenwater te bufferen, zodat de gevolgen van de verwachte neerslagpieken in de toekomst afnemen. Bovendien vormen deze een biotoop voor dieren en planten in de stad. De beplantingen filteren ook de lucht, waardoor de luchtkwaliteit beter wordt (duurzaamgebouwd.nl).

Wateroverlast

Een ander belangrijk gevolg in de toekomst is wateroverlast. De binnenstad van Delft heeft onder andere problemen met het grondwater. In de binnenstad is (net als het omringende gebied) sprake van bodemdaling. In de binnenstad wordt die bodemdaling versterkt door grondwateronttrekking van DSM Gist. Die onttrekking leidt tot verdere inklinking vanwege de veengrond (Gemeente Delft, 2000).

Relatie met energiegebruik

In reactie op de klimaatverandering heeft de gemeente Delft in 2003 een klimaatplan opgesteld voor de periode 2003-2012. Hiermee heeft de gemeente invulling gegeven aan de kyoto-doelstellingen. Het besef is er dat reductie van de uitstoot van broeikasgassen nodig is om verdere klimaatverandering tegen te gaan. De belangrijkste doelstelling van het klimaatplan is een reductie van 33.500 ton CO₂ uitstoot. De belangrijkste maatregelen uit het klimaatplan zijn:

- Het realiseren van een warmtebedrijf
- Het plaatsen van windturbines
- (nieuw)bouwprojecten

Van de bovenstaande doelstellingen is de eerste bereikt, en loopt de derde op schema. Er is nog geen geschikte locatie gevonden voor de windturbines. Uiteindelijk is het de bedoeling dat Delft CO₂-neutraal wordt. In 2030 is de ambitie een reductie van 50% ten opzichte van 1990, een verhoging van het aandeel duurzame energie van 25% en 50% minder energiegebruik (Gemeente Delft , 2009).

3.5 Adaptatie en mitigatie

Het is goed om te weten dat er mogelijkheden zijn om de eventuele gevolgen te kunnen voorkomen en het proces van klimaatverandering af te kunnen remmen. Deze oplossing zijn te kwalificeren in de categorieën klimaatadaptatie en klimaatmitigatie. Bij het opstellen van de klimaatoplossingen in de binnenstad van Delft is gebruik gemaakt van zowel adaptieve als mitigerende maatregelen.

Een andere verwoording van klimaatadaptatie is: “het aanpassen van de openbare ruimte op de gevolgen van klimaatverandering”. Met gerichte maatregelen kan er ingespeeld worden op de effecten die de klimaatverandering teweeg brengt. Om precies te weten wat de toekomst zal brengen, stimuleert de overheid de uitvoering van risicoanalyses op lokaal niveau zodat lokale adaptatiemaatregelen opgesteld kunnen worden. Adaptatie zorgt ook voor een betere benutting van positieve gevolgen als, langer groeiseizoen en gunstigere omstandigheden voor recreatie en toerisme.

Maatregelen die de oorzaak van de klimaatverandering moeten minimaliseren worden ook wel mitigerende maatregelen genoemd. Voorbeelden van dit soort maatregelen zijn het verminderen van het energieverbruik, het aanplanten van bomen of het ontwikkelen van auto's zonder uitstoot. (Klimaatagenda, 2013).

Conclusie

Klimaatverandering is voor veel gemeenten een aanleiding om tot een aanpassingsplan te komen. Volgens deskundigen wordt de klimaatverandering veroorzaakt door de uitstoot van broeikasgassen. De temperatuurstijging heeft gevolgen voor de sneeuw- en ijsbedekking, de neerslaghoeveelheid en de zeespiegelstijging. Op economisch en ecologisch niveau verandert de biodiversiteit en brengen adaptie- en mitigatie-maatregelen kosten met zich mee.

In Nederland is vastgesteld dat de temperatuur twee keer zo hard is gestegen als het wereldgemiddelde. Een toename van westenwinden zorgt voor een toestroom van warme lucht 's winters. 's Zomers zorgt een afname van bewolking en stofdeeltjes in de lucht ervoor dat er meer zonnestraling het aardoppervlak bereikt. Daarnaast is er een toename van de winterneerslag en een toename in intensiteit van 's zomerse neerslag.

Als reactie op de klimaatverandering komen veel overheden met aanpassingsstrategieën. In steden zoals Delft zijn de grootste problemen hittestress en wateroverlast. Gevolgen daarvan zijn een afname van arbeidsproductiviteit, hoger sterftcijfer onder kwetsbare groepen, veranderende biodiversiteit en neemt de hoeveelheid wateroverlast toe door de toegenomen neerslag en de inklinking.

4. ANALYSE

In dit hoofdstuk worden de belangrijkste conclusies uit de inventarisatie besproken en wordt aangewezen waar de grootste knelpunten per onderwerp zich in de binnenstad bevinden.

4.1 Watersysteem

In de toekomst zal de hoeveelheid neerslag en de neerslagintensiteit toenemen. Om deze neerslag op te kunnen vangen om het oppervlaktewater te ontlasten moet er op zoek gegaan worden naar oplossingen. Het optimaal creëren en/of benutten van bergingsmogelijkheden in de binnenstad is van groot belang. Vertraagd afvoeren van hemelwater is een goed middel om een deel te voorkomen. Indien mogelijk zal er extra oppervlaktewater moeten worden gecreëerd. Om tot een oplossing te komen voor de waterproblematiek moet er een integrale benadering gehanteerd worden. Wanneer er gewerkt wordt aan deeloplossingen moet er dus steeds worden nagegaan of de oplossing elders voor problemen zorgt.

De hoge grondwaterstanden in zowel de zomer als de winter brengen ook klachten van bewoners met zich mee. Deze gaan vooral over de vochtigheid in huizen en kelders en kruipruimten die onder water staan (Figuur 15). De omgeving van Rietveld, Vlamingsstraat en Trompetstraat ondervinden veel hinder van de hoge grondwaterstand Evenals de ruimten rondom Beestenmarkt, Oosteinde, Zuidergracht, Brabantse Turfmarkt en theater de Veste.



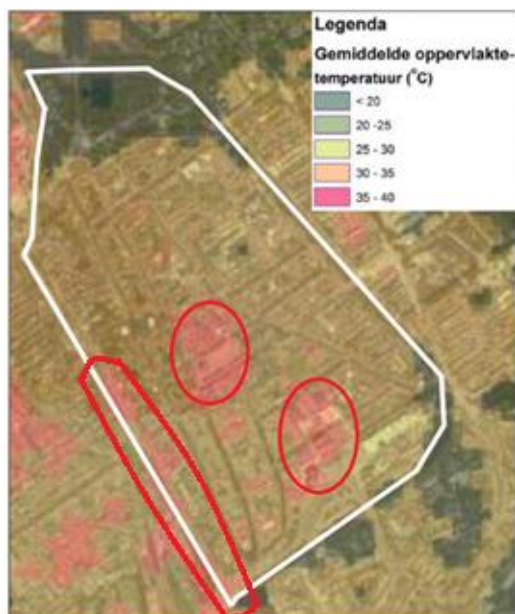
Figuur 15. Overzicht van de klachten over grondwateroverlast (Van der Werf 2005).

4.2 Groenstructuur

De groenstructuur in de binnenstad van Delft bestaat voornamelijk uit kleine parken, binnentuinen en bomenlanen. Door middel van groen kan winst worden behaald op de onderwerpen hitte, water, biodiversiteit en gezondheid.

De binnenstad van Delft heeft op warme dagen te kampen met hittestress. Plaatsen waar verharding dominant aanwezig is kennen een hogere temperatuur dan plaatsen waar verharding en groen zijn gecombineerd. Op de hittekaart van de binnenstad is te zien dat de locaties met de grootste oppervlakte aan verharding het warmst worden (Figuur 16). De rood omringde zones zijn de grootste knelpunten in de binnenstad. Het betreft de gebieden rondom de Grote Markt, Zuidpoort en de spoorzone (Phoenixstraat).

Groen levert een bijdrage aan het vertraagd afvoeren van water doordat het tijdelijk water kan vasthouden. Daarnaast biedt het mogelijkheden voor flora en fauna en heeft het een positief effect op de mentale en fysieke gesteldheid van de burgers.



Figuur 16: Hittekaart binnenstad Delft (Google.maps.nl)

4.3 Energie

Het verbruik van energie is gestegen door de hogere levensstandaard. Dit is de directe aanleiding van de recente klimaatverandering. De belangrijkste bronnen van energie van dit moment, olie en gas, zijn niet onuitputtelijk. Daarom is het wenselijk om zo efficiënt mogelijk om te gaan met deze voorraden, en waar mogelijk over te schakelen op een andere bronnen.

Een belangrijk aandachtspunt op het gebied van energie is het gemotoriseerd verkeer. De bij verbranding van fossiele brandstoffen vrijkomende stoffen vormen een gevaar voor de gezondheid van mens en milieu. Daarnaast wordt een relatief grote oppervlakte van de binnenstad ingenomen door de infrastructuur die dit gemotoriseerde verkeer een plaats moet bieden, zoals wegen en parkeerplaatsen. Het sluit aan op de visie om de hoeveelheid verkeer in de binnenstad in de toekomst te verminderen. Dit kan bijvoorbeeld ruimte opleveren voor bewoners, ondernemers, groen of een combinatie daarvan. Dit heeft een positief effect op de leefbaarheid van de binnenstad.

Het gemotoriseerd verkeer wordt voornamelijk gevormd door bewoners en leveranciers. De bewoners willen wij zoveel mogelijk ontzien bij het opleggen van eisen. Wel moet er voor hen de mogelijkheid zijn om op vrijwillige basis de binnenstad te ontlasten van gemotoriseerd verkeer, eventueel gesteund door een beloning.

Voor de leveranciers worden strengere eisen opgesteld. De verkopen via internet nemen nog steeds sterk toe en de verwachting is dat dit voorlopig nog door zal gaan. De distributie van pakketten brengt momenteel al negatieve effecten met zich mee. Het kan niet de bedoeling zijn dat pakketleveranciers het straatbeeld gaan bepalen. Het loont hierom de moeite om het distributiesysteem nader te bekijken. Zeker voor een dichtbevolkt gebied als een binnenstad moet een nieuw logistiek systeem realiseerbaar zijn, waarmee Delft zich zou onderscheiden van andere grote Nederlandse steden. Denk aan een distributiecentrum net buiten de binnenstad, van waaruit alle pakketten de binnenstad in worden gebracht door elektrische voertuigen met een kleiner formaat dan de huidige bestelauto's.

Conclusie

In de omgeving van het Rietveld, Vlamingstraat en Trompetstraat is de waterproblematiek het hoogst. De hoge grondwaterstand zorgt hier voor vochtigheid in huizen en vollopende kelders en kruipruimten.

De groenstructuur in Delft bestaat voornamelijk uit parkjes, binnentuinen en bomenlanen. De grote hoeveelheid verharding draagt bij aan de temperatuursverhoging en daarmee ook de hittestress. Op de Grote Markt, de Zuidpoort en de omgeving van de Phoenixstraat is dit het meest evident.

Het energieverbruik is gestegen. Een belangrijk aandachtspunt voor Delft is het gemotoriseerd verkeer. In Delft bestaat het verkeer voornamelijk uit bewoners en leveranciers. Door de toename van internet(ver)kopen neemt de hoeveelheid pakketdiensten toe.

5. Visie en plan

De verandering van het klimaat heeft gevolgen voor ons dagelijkse manier van leven. Wateroverlast, watertekort en hittestress zijn enkele gevolgen die nu al van toepassing zijn voor de binnenstad van Delft. De mogelijkheden zijn daar om in te spelen op deze gevolgen en de klimaatbestendigheid en leefbaarheid van de binnenstad te verhogen. In dit hoofdstuk wordt een ideaalbeeld geschetst in de vorm van een visie.

5.1 Visie Klimaatbestendige binnenstad Delft

De stad Delft staat wereldwijd bekend om haar geschiedenis van kunst en cultuur. Dit moet uiteraard zo blijven, maar dat betekent niet dat er daarom geen kansen voor de toekomst liggen. Integendeel, de slogan van de stad is 'Creating History'. Want geschiedenis kun je schrijven, niet alleen vroeger maar ook nu. Dit gebeurt dan ook in de nationale kennistad, waar historie en toekomst uitstekend samen blijken te gaan.

Om geschiedenis te schrijven moet er iets daadkrachtigs gebeuren, iets gewaagds. Iets wat nog niet bestaat: een binnenstad die meebeweegt met het klimaat, een binnenstad die gezondheid uitstraalt, een binnenstad waarin mens, plant en dier een geschikte leefomgeving vinden. Dit is het ideaalbeeld, momenteel lijkt het misschien niet meer dan een utopie. Maar het klimaat verandert, de wereldbevolking blijft groeien en de problemen nemen toe in frequentie en intensiteit. We zullen wel moeten. Hoe we dit gaan bereiken wordt beschreven in dit rapport. Hoe dit er uit gaat zien wordt beschreven in deze visie.

In de binnenstad van Delft kan je in de toekomst naar hartenlust vertoeven. Hittestress en wateroverlast zijn dan termen uit het verleden. De leefbaarheid is er hoog, vanwege de grote hoeveelheid groen. Dit heeft ook zijn uitwerking op de ecologie. De biodiversiteit is groot, mede dankzij de verschillende soorten muurvegetatie, gevelbegroeiing en de 'hangende' pergola's (Figuur 17). Tussen diverse stegen in de binnenstad is het mogelijk om pergola's tussen de muren te hangen. Op deze 'hangende' pergola's kunnen diverse klimplanten groeien die bijdragen aan de ecologie en de leefbaarheid.



Figuur 17. Hangende pergola in het stadje Koilani in Cyprus
(en.wikipedia.org).

Grote Markt en Zuidpoort

Waar de Grote Markt vroeger tijdens zomerse dagen opwarmde tot zeer hoge temperaturen, kan men in de toekomst hier rustig rondlopen. Leibomen langs de lange zijden van het plein zorgen voor schaduw en een verlaging van de gevoelstemperatuur. Deze bomen kunnen middels een mobiele constructie ook worden verplaatst, zodat er meer ruimte voor de markt en kermis is. Daarnaast zijn er (springende) fonteinen die de temperatuur boven de grote versteende oppervlakten laten afkoelen (Figuur 18). Water kan ook prima worden opgevangen op de Grote Markt middels goten waarin water kan worden vastgehouden en afgevoerd. Net als de Grote Markt wordt het zuidpoortgebied een koelere, aangename zone. Verticale tuinen, pergola's en fonteinen zullen de gevoelstemperatuur flink verlagen.



Figuur 18. Springende fonteinen zorgen voor verkoeling en speelplezier (photo-site.nl).

Spoorzone

De spoorzone zal er in de toekomst volledig anders uit gaan zien. Het gedeelte rondom de Phoenixstraat, die de westelijke grens vormt van de binnenstad, wordt volgens het huidige ontwerp van Busquets voor het grootste gedeelte een stenen boulevard (Figuur 19). In dit ontwerp is de hoeveelheid groen beperkt. Omdat grote verharde oppervlakten voor hittestress zorgen zal het ontwerp aangevuld worden met meer groen, zoals bijvoorbeeld bij het ontwerp van de Velperweg in Arnhem (Figuur 20)



Figuur 19.
Referentiebeeld
nieuwe
spoorzone Delft
(Spoorzone.nl)



Figuur 20. Ontwerp groene strook langs de Velperweg in Arnhem (poelmanreesink.nl).

Open gegraven gracht

De historische structuur en het grachtensysteem zijn in de toekomst nog steeds te bewonderen in Delft. Een groot deel van de waterproblemen zal zijn opgelost door het (gedeeltelijk) terugbrengen van één van de oude grachten tussen het Rietveld en de Kantoorgracht: De Raam. Deze maatregelen verhogen de waterbergingscapaciteit van de stad, zodat de verwachte neerslagpieken in de toekomst geen problemen op zullen leveren.

Groentoets

Bij bouwprojecten zal men in Delft naast een watertoets rekening moeten houden met een groentoets. Met de groentoets wordt gewaarborgd dat er bij ieder bouwproject eisen komen met betrekking tot groen. Bijvoorbeeld dat het totaal aantal m² groen in de binnenstad niet mag verminderen en extra verharding dient gecompenseerd te worden door middel van het creëren van extra groen. Delft zal daarmee één van de vaandel dragers zijn voor klimaatadaptatie en mitigatie.

Groen

Groen is een belangrijk middel tegen hitte en voor de verbetering van de luchtkwaliteit, waterkwaliteit en biodiversiteit. De oude binnenstad van Delft herbergt vele soorten (zeldzame) muurplanten. In de klimaatbestendige stad blijft het daar niet bij. Het groen breidt zich uit tot daken, gevels en pergola's (Figuur 17).

In de binnenstad is ruimte schaars. Het oppervlak aan daken is groot. Dit biedt daarom een uitstekende kans om deze ruimten te benutten. In Delft is hier onder andere al invulling gegeven middels de subsidieregeling voor 'Delfts Blauwe Daken'. In de binnenstad is dit ook een optie en kan dit aangevuld worden met groen op de daken (Delfts Groene Daken) en wateropvang (Delfts Natte Daken) op de daken.

Gevelbegroeiing (Figuur 21) biedt een geschikt biotoop voor veel insectsoorten die belangrijk zijn voor de bestuiving van planten. In de binnenstad zijn diverse gevels die op deze manier vergroend kunnen worden. Smalle stegen in de binnenstad kunnen verder worden vergroend met de groene pergola's (Spil, M.S., 2012).



Figuur 21. Begroeiing op gevels kan een belangrijke bijdrage leveren aan de biodiversiteit (tuinadvies.nl).

Energie

De gemeente Delft beseft dat de klimaatverandering onafwendbaar is en dat er maatregelen genomen moeten worden. Zo zijn er in het klimaatplan diverse doelen opgesteld ter reductie van de uitstoot van broeikasgassen en milieuvriendelijke energieproductie.

In de toekomst zal Delft steeds meer energie kunnen produceren. Zonnepanelen wekken stroom. Groene daken zorgen voor betere isolatie, zodat er minder energie (in de vorm van warmte) verloren gaat.

5.2 Specifieke oplossingen

In Delft zijn knelpunten waargenomen, zoals hitteoverlast en wateroverlast. Voor deze knelpunten is gezocht naar oplossingen. In dit hoofdstuk worden voornamelijk maatregelen beschreven die de opwarming verminderen door middel van het integreren van groen in de Binnenstad. De grootste knelpunten zijn aanwezig op de Phoenixstraat, de Grote Markt en de Zuidpoort (Figuur 22). In de volgende paragrafen komen deze locaties aan de orde.

Om de verschillende gebieden een nieuwe invulling te geven rekening houdend met een duurzamer bestaan, zullen maatregelen getroffen worden. In de volgende paragrafen worden de verschillende maatregelen voor de verschillende locaties beschreven aan de hand van drie niveaus, die gebaseerd zijn op de mate van veranderingen. Niveau 1 is hierbij de maatregel waarbij het minst wordt veranderd en bij niveau 3 wordt de maatregel beschreven waarbij het meest veranderd.



Figuur 22.: Knelpunten hitte (Google.maps)

5.2.1 Adaptatie strategie

Een andere verwoording van klimaatadaptatie is: “voorbereid zijn op de gevolgen van klimaatverandering”. Met gerichte maatregelen kan er ingespeeld worden op de effecten die de klimaatverandering teweeg brengt. Om precies te weten wat de toekomst zal brengen, stimuleert de overheid de uitvoering van risicoanalyses op lokaal niveau zodat lokale adaptatiemaatregelen opgesteld kunnen worden. Adaptatie zorgt ook voor een betere benutting van positieve gevolgen als, langer groeiseizoen en gunstigere omstandigheden voor recreatie en toerisme.

5.2.2 Mitigatie strategie

De uitstoot van broeikasgassen is de grootste boosdoener voor de verandering van het klimaat. Maatregelen die de uitstoot van broeikasgassen moeten minimaliseren worden ook wel mitigerende maatregelen genoemd. Voorbeelden van dit soort maatregelen zijn het vastleggen van koolstof, aanplanten van bomen of CO₂-neutrale auto's ontwikkelen. Niet alleen de CO₂ uitstoot draagt bij aan de klimaatverandering, ook de uitstoot van roet, vluchtige organische stoffen en HFK's moet worden tegengegaan. (Klimaatagenda, 2013).

Phoenixstraat

De Phoenixstraat in Delft is één van de drie grootste ‘hitte-eilanden’ van de stad (Locatie 3 in Figuur 22). Momenteel wordt hier gewerkt aan ‘Project Spoorzone’ (Figuur 23). Bij dit project wil men onder andere werken aan de aanleg van een spoortunnel met ondergronds station, parkeerfaciliteiten, een nieuw stadskantoor, woningen en kantoren (brinkgroep.nl). Ieder gedeelte krijgt een bestemming na afronding van het project (Figuur 24). Naar verwachting is de spoortunnel in 2017 gereed. De woningbouw verwacht men tussen 2025-2035 af te krijgen (spoorzonedelft.nl).



Figuur 23: Overzicht situatie spoorzone november 2012 (brinkgroep.nl)



Figuur 24: Bestemming van de vrijgekomen ruimte na de afronding van het project (spoorzonedelft.nl)

Naast de bouw van de spoortunnel en andere zaken, is een nieuwe inrichting van de openbare ruimte ook noodzakelijk. In deze nieuwe inrichting wordt de Phoenixstraat een stenen boulevard, waarin bus-, auto-, fiets- en tramverkeer een apart tracé hebben (Figuur 24). In de inrichting is veel

plek voor bomen, maar dit is niet overal het geval. De grote hoeveelheid stenige oppervlakte lijkt niet bevorderlijk voor het verlagen van de gevoelstemperatuur. Daarom worden hieronder enkele maatregelen genoemd die dit wel doen. Aangezien het nog enkele jaren duurt voordat de spoortunnel klaar is en de openbare ruimte ingericht kan worden kan het geen kwaad om klimaatbestendige maatregelen te implementeren (spoorzonedelft.nl).



Figuur 25 Impressie van de Phoenixstraat na de herinrichting (Spoorzonedelft.nl)

Niveau 1

Een oplossing die zowel voor water als hitte & groen van toepassing is, is het aanbrengen van stroken halfverharding. Door de grote oppervlakten aan stenige verharding te onderbreken met stukken halfverharding, ontstaat er een gevarieerd beeld. De stukken halfverharding zijn meer waterdoorlatend dan gewone verharding en dragen daarom bij aan het verminderen van wateroverlast. Met het toepassen van halfverharding bestaat tevens de mogelijkheid om meer groen te creëren. Er bestaan verschillende toepassingen van halfverharding: grindachtige halfverharding en halfverharding via speciale tegels die ruimte laten voor de groei van bijv. gras (Figuur 26 en 27). De eerste variant geeft een 'netter' straatbeeld, terwijl de tweede vorm het extra voordeel van groen heeft. Er zijn voldoende potentiële locaties te vinden voor deze maatregel.



Figuur 26: Grindhalfverharding (detuinwebshop.nl)



Figuur 27: Speciale tegels met ruimte voor gras en kruiden ([flickr.com](https://www.flickr.com/photos/14911170@N00/))

Niveau 2

Mocht men overgaan tot het realiseren van het sfeerbeeld (Figuur 25), dan valt op dat er aan de linkerkant van de gracht geen bomen staan. Echter is er genoeg ruimte voor. De maatregel op niveau 2 bestaat dan ook uit het realiseren van een groenstrook met hetzij bomen, hetzij heesters. Bomen hebben de voorkeur, vanwege de vele voordelen die ze meebrengen met betrekking tot het microklimaat. Allereerst zorgen bomen 's zomers voor de nodige schaduw en filtering van de lucht. Daarnaast vervullen bomen een belangrijke ecologische functie. Bomen zorgen voor beschutting, geleiding en broedgelegenheid voor diverse organismen. Ten slotte past het beter bij het Delftse straatbeeld, waar alle grachten geflankeerd worden door rijen bomen. Het is niet mogelijk bomen aan te planten in deze zone, dit in verband met het feit dat de boomwortels veel schade aan kunnen richten aan de tunnel. Als oplossing hiervoor is bedacht om grote bakken aan te brengen met daarin de bomen.

Om het groene en klimaatbestendige beeld van de stad Delft verder te accentueren, kan men een gras leggen onder de trambaan (Figuur 28). Het groen vormt een enorm contrast met de omliggende stenen (bruine) oppervlakten, waarmee het de duurzaamheid van het gebruik van de tram wordt benadrukt. Deze toepassing kan verder uitgebreid worden naar andere delen van de stad waar dit niet het geval is. Los daarvan heeft dit weer voordelen met betrekking tot waterverwerking en verlagen van de temperatuur.



Figuur 28: Groene trambaan (clevergreensolutions.com)

Niveau 3

Waar niveau 1 en 2 maatregelen beschrijven die kunnen worden geïmplementeerd met het huidige ontwerp, gaat niveau 3 verder. Het huidige ontwerp wordt verworpen en er komt een nieuw ontwerp met een parkachtige aanleg. Met betrekking tot het verkeer blijft dezelfde opzet gelden. De trambaan, busbaan en autoweg blijven bestaan. De stenige boulevard zal echter volledig verdwijnen ten gunste van groen. Fiets- en voetpaden bestaan uit halfverharding en verder komen er voorzieningen voor recreanten. De spoorzone wordt hiermee een groene poort naar de binnenstad.

Het park draagt enorm bij aan de temperatuursverlaging, ecologie en luchtkwaliteitsverbetering. Extra waterberging kan worden gecreëerd door de aanleg van natuurvriendelijke oevers. In het ontwerp kan een link naar het verleden worden gelegd door replica van een gedeelte van de oude stadsmuur terug te brengen (Figuur 29). Dit biedt verder kansen aan de ecologie door muurvegetatie en broedgelegenheid voor bijvoorbeeld vleermuizen. Tevens kan dit mogelijk een toeristische trekpleister worden in combinatie met de rest van de binnenstad. In combinatie met de groene omgeving kan men zich weer in de middeleeuwen wanen, toen de stadsmuren de grens vormden tussen natuur en mens.



Figuur 29: Oude stadsmuren accentueren de historie van de binnenstad, zoals hier in Maastricht (goeievraag.nl)

Grote Markt

Locatie 1 toont de Grote Markt aan (Figuur 22). De oppervlakte van de Grote Markt is groot, waardoor het een geschikte locatie is om hier kansen omtrent het verduurzamen van de binnenstad te verwezenlijken.

Op dit moment is de Grote Markt geheel verhard met weinig ruimte voor groen en water. Een probleem op het gebied van wateroverlast bij hevige regenval heeft de Grote Markt niet. Een probleem is dat het hemelwater niet vertraagd wordt in de afvoer, maar direct wordt afgevoerd door het gemengde riolsysteem. Dit leidt tot onnodig hoge kosten bij de verwerking van het water en er kan overstort optreden elders in de binnenstad.

Tussen de klinkers heeft vegetatie geen kans om zich te ontwikkelen, waardoor de Grote Markt geen groene uitstraling heeft (Figuur 30). In totaal staan er vier kleine bomen vlak voor de Nieuwe Kerk. Hierdoor is de temperatuur op de Markt hoog (Figuur 22). Om dit probleem aan te pakken, zal meer ruimte voor groen gecreëerd worden. Er worden drie ontwerpen op niveau gegeven die er voor zorgen dat er meer groen gecreëerd wordt en waardoor de hitteoverlast wordt verminderd.



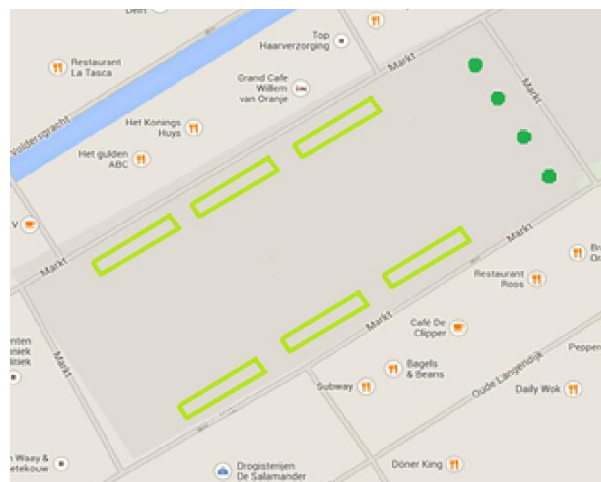
Figuur 30 Impressie van de Grote Markt. ([flickr.com](https://www.flickr.com/photos/leiden/10000000000/))

Niveau 1

Hitte & Groen

Langs de twee lange zijdes van de Grote Markt komen rechthoekige plantvakken (Figuur 31). Deze maatregel neemt relatief weinig ruimte in beslag en draagt bij aan het vergroenen en verkoelen van de Grote Markt.

De randen van de plantvakken worden van boomstammen gemaakt. Hierdoor krijgt de Grote Markt een groenere uitstraling en mensen kunnen op de boomstammen zitten. Het creëren van zitvoorzieningen is belangrijk op de Grote Markt. Op dit moment zijn er namelijk weinig voorzieningen aanwezig waarop gezeten kan worden. Dit is een veelgehoorde wens van mensen die Delft bezoeken.



Figuur 31 Ontwerp oplossingsstrategie niveau 1 (Google Maps).

Water

Het hemelwater dat neerkomt op de daken rondom de Grote Markt wordt direct via regengoten afgevoerd op de verharding. Hier valt veel winst te behalen. Door het water vertraagd af te voeren wordt de riolering sterk ontlast. Door het water afkomstig van de daken tijdelijk op te vangen in daarvoor bestemde regentonnen kan de eerste piek in de afvoer opgevangen worden. Ieder pand aan de Grote Markt heeft een opvang voor het hemelwater.

De groene plantvakken dragen ook bij aan de opvang van hemelwater. Deze onverharde oppervlaktes kunnen dienen als zones waarin het water makkelijk door kan dringen in de bodem.

Niveau 2

Hitte & Groen

Op dit niveau worden de vier bomen die voor de kerk staan geplaatst, vermeerderd door langs de hele rand van de Grote Markt bomen te plaatsen (Figuur 32). Hierbij wordt gekozen voor het boomtype, Leilinde (Figuur 33). Deze bomen zijn geschikt voor de Grote Markt, omdat de bomen makkelijk snoeibaar zijn en beperkte ruimte innemen. Een bijkomend voordeel is dat de aantrekkingskracht van de Grote Markt wordt vergroot. De lijnen van de markt worden namelijk verduidelijkt, waardoor de panden langs de zijkant beter tot zijn recht komen.

Jaarlijks vinden hier regelmatig evenementen plaats, zoals de kermis, festivals, jeu de boules enzovoorts. Elke donderdag is op deze locatie een markt aanwezig waar mensen hun handelswaar verkopen. Door deze activiteiten zullen bezwaren kunnen ontstaan over de komst van de bomen. De bomen kunnen een belemmering gaan vormen door de ruimte die het inneemt. Dit kan zeker een probleem veroorzaken bij grote evenementen, zoals de kermis, hierbij is het mogelijk dat de attracties de bomen beschadigen of dat er door de bomen te weinig ruimte is om de verschillende attracties te plaatsen. Hier zullen duidelijke afspraken over gemaakt moeten worden tussen de gemeente en de verschillende actoren. Deze afspraken kunnen bijvoorbeeld zijn dat bepaalde evenementen niet meer kunnen plaatsvinden op de Grote Markt en dat deze een andere locatie moeten vinden.



Figuur 32: Ontwerp oplossingsstrategie niveau 2. (Google Maps, 2013)



Figuur 33 Impressie leilindes. (cda.nl, 2009)

Water:

Samen met het aanplanten van Leilindes kan er ook goed ingespeeld worden op het vasthouden van water. Water afkomstig van verharding en daken wordt afgevoerd via zogeheten molgoten (Figuur 34). Deze molgoten leiden het water naar de plantvakken waar het opgenomen kan worden in de bodem. De beplanting heeft hier ook voordeel bij. Het voordeel is dat de beplanting en de onverharde oppervlakte de mogelijkheid bieden om het water op te nemen in de bodem waardoor de riolering ontlast wordt.



Figuur 34: Voorbeeld van molgoot (Groenblauwenetwerken.com)

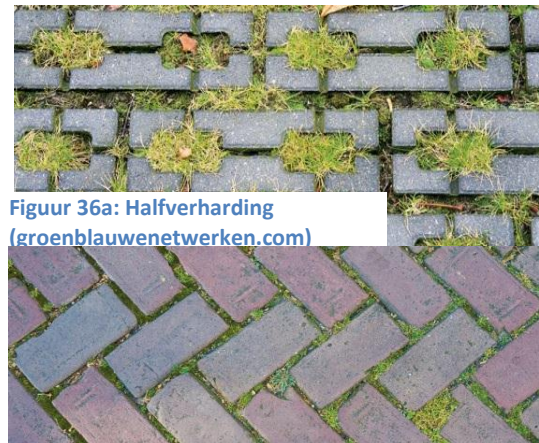
Niveau 3

Hitte & Groen

Op dit niveau wordt de grootste maatregel weergegeven voor de Grote Markt (Figuur 35). Langs de rand staat net zoals bij niveau 2 een bomenrij. Deze tekening is verschillend ten opzichte van de voorafgaande tekening, doordat de bestrating wordt vervangen door bestrating dat water doorlaat. Hierdoor heeft groen meer kans om zich te ontwikkelen met een bijkomend voordeel dat de bestrating waterdoorlatend is. Door deze maatregel wordt er meer groen gecreëerd dan bij de andere niveaus, waardoor dit een groter effect heeft op temperatuurverlaging.



Figuur 35 Ontwerp oplossingsstrategie niveau 3. (Google Maps)



Figuur 36a: Halfverharding (groenblauwenetwerken.com)

Figuur 36b: Halfverharding (groenblauwenetwerken.com)

Er zijn verschillende soorten half verharding. Voor dit ontwerp wordt gekozen voor een type half verharding waarbij groen een grote kans heeft op ontwikkeling (Figuur 36a). Tijdens de expertmeeting is naar voren gekomen dat deze type verharding moeilijkheden kan opleveren voor voetgangers. Om deze reden is gekozen om deze type halfverharding aan te laten sluiten op de plantvakken en de breedte van deze halfverharding twee tot drie meter te maken. De overgebleven oppervlakte wordt bestraat met type halfverharding die vriendelijker is voor de voetganger maar toch een open structuur heeft (Figuur 36b).

Water

De halfverharding is goed waterdoorlatend. Het toepassen van waterkragen is voor de markt ook een goede alternatief om op een grote oppervlakte een grote hoeveelheid aan water te bergen (Figuur 37). Het leiden van het water naar de waterkragen kan met behulp van molgoten.



Figuur 37: Waterkragen (groenblauwenetwerken.com)

Zuidpoort

Met Locatie 2 wordt de Zuidpoort/Bastiaansplein aangetoond (Figuur 22). De Zuidpoort is een gebied dat ten zuiden is gelegen van Centrum Delft. Het gebied bestaat uit een plein met winkels en woningen eromheen. Het Bastiaansplein is verhard en er is weinig groen aanwezig. Er staan drie plantvakken met groen (Figuur 38). Het plein is relatief groot, waardoor er voldoende mogelijkheden zijn om meer groen te creëren. De gebouwen die om het plein heen zijn gelegen hebben veel kale stukken muur, waardoor ook hier kansen liggen om groen aan te brengen. Bij de ontwerpen dient rekening gehouden te worden met de ruimte voor voldoende doorgang van transport. Hieronder worden drie ontwerpen op niveau beschreven die een bijdrage zullen leveren aan een temperatuursverbetering.



Figuur 38: Zuidpoortplein



Figuur 39: Het Zuidpoortgebied (ruimtelijkeplannen.nl)

Niveau 1

Hitte & Groen

Niveau 1 bestaat uit het aanbrengen van gevelbegroeiing en het plaatsen van plantvakken met zitgelegenheid. In het Zuidpoortgebied zijn diverse stukken kale gevel (Figuur 39). Dit is vooral het geval in de stegen rondom het Sebastiaansplein (Figuur 40). Gevelbegroeiing fleurt niet alleen deze kale plekken op, maar ze leveren ook een bijdrage aan de biodiversiteit. Zo herbergen klimplanten een grote diversiteit aan ongewervelden, die een voedselbron vormen voor onder andere vogels en vleermuizen. Tevens bieden de verticale tuinen en begroeiende gevels nestgelegenheid aan vogels en vormen ze een uitbreiding van de groene netwerken in de stad. De begroeiing draagt bij aan het gevoel van natuurbeleving en welzijn van de bevolking. De gevelbegroeiing kan aangebracht worden in de vorm van een verticale tuin (Figuur 41). Deze verticale tuinen nemen weinig oppervlak in, zodat er nauwelijks ruimte verloren gaat. Verder zijn de onderhoudskosten doorgaans laag (Brussels Instituut voor Milieubeheer, 2010).



Figuur 40: Potentiële plekken voor verticale tuinen (Google.maps)



Figuur 41 Verticale tuin in Arnhem (groenblauwenetwerken.com)



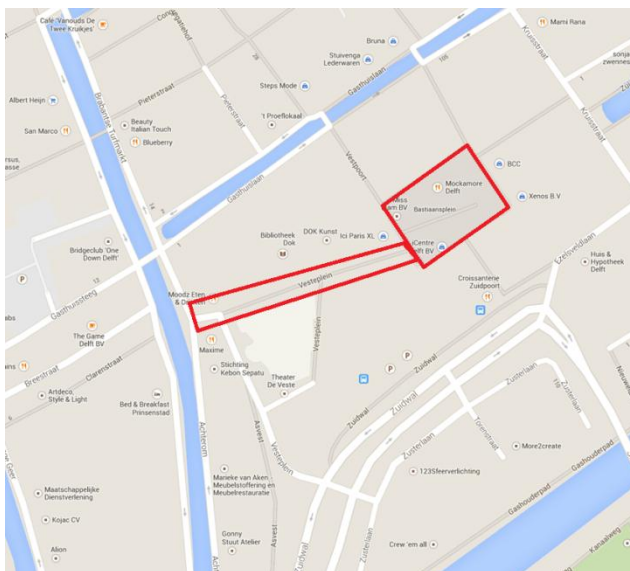
Figuur 42 Voorbeeld zitobjecten in combinatie met plantvakken in Groningen (staatingroningen.nl)

De tweede maatregel die onder niveau 1 valt is het aanbrengen van plantvakken in combinatie met zitplaatsen. In Groningen is dit principe toegepast (Figuur 42). Dit kan toegepast worden waar grote vlakken verharding is, zoals op het Sebastiaansplein en het Veststeplein. Een dergelijke maatregel neemt relatief weinig ruimte in en dragen verder bij aan het vergroenen en verkoelen van het Zuidpoortgebied.

Niveau 2

Hitte & Groen

In niveau 2 worden 2 maatregelen beschreven die ingrijpender zijn dan die uit niveau 1. In het kader van Hitte & Groen wordt er gekeken naar het planten van bomen. Bomen leveren, nog meer dan plantvakken, een essentiële bijdrage aan het tegengaan van hittestress. Uit de analyse is al gebleken dat bomen zorgen voor temperatuursverlaging, het opvangen en vasthouden van neerslag en het zuiveren van de lucht. Uit de expertmeeting kwam verder naar voren dat bomen invloed hebben op het gedrag van mensen. Mensen worden over het algemeen rustiger in een groene omgeving (zie ook kopje Hitte & Groen voor Niveau 1). Het aanplanten van extra bomen zal dus alleen maar gunstige effecten hebben. Het aanplanten van bomen kan in combinatie met de plantvakken uit niveau 1. Potentiële locaties zijn in dit geval opnieuw het Sebastiaansplein en het Vestesplein (Figuur 43). De stegen zijn te klein, voor bomen. Een geschikte boomsoort die hiervoor gebruikt kan worden is de iep (*Ulmus spec.*). De iep is een zeer geschikte boom voor stedelijk gebied, deze boomsoort is zeer goed te beheren en heeft als bijkomend voordeel dat het een goed herstelvermogen heeft wanneer beschadiging is opgelopen. Een ander bijkomend voordeel is dat *Ulmus spec.* veel hemelwater onderschept (Hiemstra et al, 2006).



Figuur 42: Bastiaans- en Vestesplein (Google.maps)

Water

Mogelijke waterproblematiek kan in niveau 2 worden tegengegaan met de aanleg van molgoten (Figuur 44). Dit is een gemakkelijke manier om water dat van het verharde oppervlak afstroomt op te vangen en af te voeren.



Figuur 43 Molgoot in Roermond (vandenban.nl)

Niveau 3

Hitte & Groen

Op niveau 3 worden de meest kostbare maatregelen beschreven. Met betrekking tot het thema Hitte & Groen bestaan de maatregelen uit het aanbrengen van fonteinen (Figuur 45). Deze straatfonteinen dragen bij aan de verkoeling. Verder kan er meer groen kan worden gerealiseerd in de vorm van water- en oeverplanten, wat de uitstraling en de biodiversiteit verhoogt. Door bijvoorbeeld een stenen rand rondom de vijver wordt tegelijkertijd een zitplaats gecreëerd.



Figuur 44. Fontein op het plein (Spui, Den Haag) (karindaan.nl)

Voor de inpassing van vijvers moet opnieuw worden gekeken naar grote open ruimtes: in dit geval het Sebastiaansplein en het Vestesplein. Er moet daarom overwogen of er één bepaald niveau de voorkeur geniet, of dat er een combinatie gezocht moet worden, aangezien niveau 2 en 3 veel ruimte innemen.

Water

Op niveau 3 wordt met betrekking tot water gekeken naar de aanleg van groene daken. Net als bij het thema Hitte & Groen is niveau 3 de meest kostbare regel. In het Zuidpoortgebied zijn veel platte daken. Er is dus genoeg ruimte voor het plaatsen van een groen dak (Figuur 46). Het oppervlak bestaat voor het grootste deel uit bebouwing, met grotendeels platte daken. Hier is dus volop ruimte te vinden voor de aanleg van een sedumdak (Figuur 47), eventueel in combinatie met zonnepanelen.



Figuur 45 Bebouwing met potentiële ruimte voor groene daken (google.maps)

Niet alleen op platte daken kan groen worden gecreëerd, maar ook op schuine daken kan groen aangelegd worden. Groene daken geven de stad een groen aanzien. De aanleg ervan moet gestimuleerd worden door de lokale overheid. Zo heeft Rotterdam bijvoorbeeld een actief 'groenedakenbeleid', waardoor zij in Nederland koploper zijn op het gebied van groene daken. Zo hebben zij de doelstelling om in 2025 5% van alle platte daken te hebben 'vergroend'. Deze doelstelling kan door de gemeente Delft worden overgenomen (bijvoorbeeld 5% in 2030). In Delft bestaat ook een subsidieregeling groene daken. Deze subsidie bedraagt voor particuliere woningen €25,- euro per m². Non-profitorganisaties en bedrijven krijgen 50% van de kosten met een maximum van €25,- euro per m² aangelegd groendak. Om subsidie te krijgen moet minimaal 6 m² van het dak zijn bedekt (degroenestad.nl, 2009).

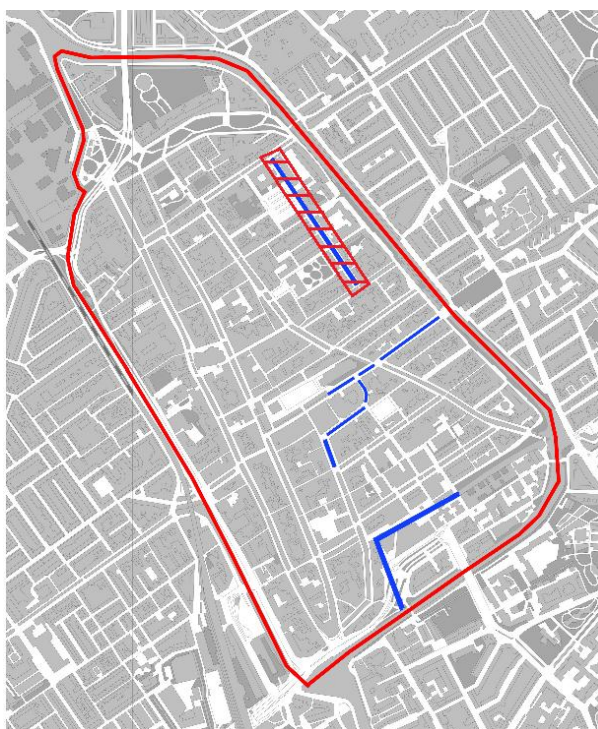
In Europese koplopers op dit gebied zoals Basel en Stuttgart zijn groene daken verplicht bij nieuwbouw. Dit is voor Delft ook een optie om het stokje van Rotterdam over te nemen op het gebied van groene daken. Niet alleen bij nieuwbouw maar ook bij renovaties is dit een optie. (Bos & Mees, 2012)



Figuur 46 Groen dak bij een particulier in Nijmegen. (riekengroenedaken.nl)

't Raam

Rond 1900 heeft de gemeente Delft ervoor gekozen om sommige grachten te dempen. Kijkend naar de kaart die de grondwateroverlast weergeeft zie je een duidelijk verband met de kaart van de verdwenen grachten. Aangezien het feit dat de Rietveld bij hevige regenval problemen heeft met de afvoer van het regenwater moet hierop ingespeeld worden. Denkend aan de cultuurhistorie is het aantrekkelijk om een gedempte gracht weer terug te brengen op zijn oorspronkelijke plaats. Wanneer de Raam in open verbinding wordt gebracht met Rietveld zal een grote extra hoeveelheid waterberging het gevolg zijn (Figuur 48). Het deel wat rood gearceerd is de oude gracht die teruggebracht kan worden.



Figuur 47 Weergave van de verdwenen grachten in Delft.

Niveau 1

Totaal wordt er 200 meter aan een nieuwe gracht gerealiseerd. Wanneer de nieuwe gracht gerealiseerd wordt, verandert de woonsituatie voor de bewoners aan 't Raam. Aan de gracht blijft de mogelijkheid bestaan om te parkeren. Om een eventueel tekort aan parkeerplaatsen op te vangen kan er gewezen worden naar de parkeerplaatsen die de Paardenmarkt bezit. Ook kan er gebruik worden gemaakt van de grote parkeerplaatsen buiten de binnenstad van Delft.

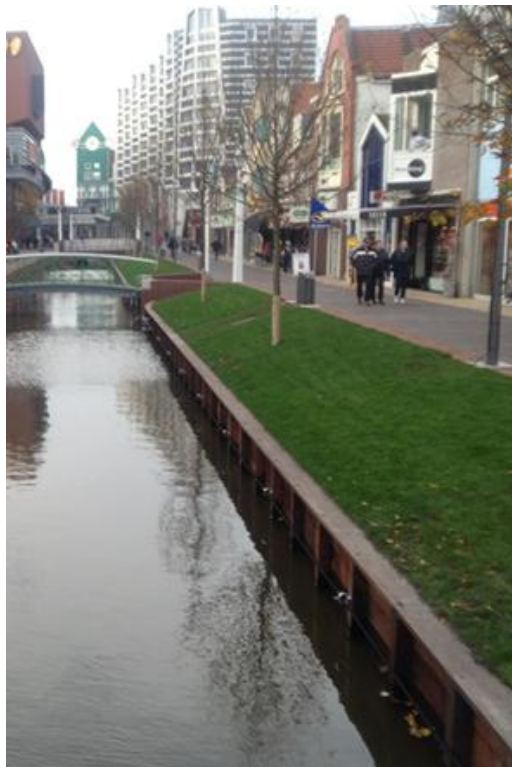
Extra waterberging

De extra waterberging die gerealiseerd wordt is berekend met de volgende gegevens. Lengte van 200 meter nieuw gegraven gracht, de gracht krijgt een breedte van 8 meter en uitgaande van een peilfluctuatie van 25 centimeter zal een extra waterbergingscapaciteit van 400 kuub het resultaat zijn.

Niveau 2

De gehele gracht wordt teruggebracht zoals deze oorspronkelijk was. De gracht had een lengte van onder nabij de 410 meter. Net als bij niveau 1 zal de woonsituatie voor de bewoners aanzienlijk veranderen. Niveau 2 zal ontwikkeld worden aan de hand van het sfeerbeeld hieronder (Figuur 49). Bij het ontwikkelen van deze situatie zullen de parkeerplaatsen verdwijnen. Bewoners aan het Raam kunnen dan gebruik maken van de parkeergarages die de binnenstad bezit of de parkeervakken van de Paardenmarkt.

Het voordeel van deze groene rand langs de gracht is dat het hemelwater eerst opgevangen wordt door de bodem. Een ander bijkomend voordeel is dat het de straat een groene uitstraling geeft die ook warmte weg zal nemen.



Figuur 48 Groene rand langs de gracht (flickr.com).

Extra waterberging

De extra waterberging die gerealiseerd wordt is berekend met de volgende gegevens. Lengte van 410 meter nieuw gegraven gracht, de gracht krijgt een breedte van 8 meter en uitgaande van een peilfluctuatie van 25 centimeter zal een extra waterbergingscapaciteit van 820 kuub het resultaat zijn.

Niveau 3

De Boterbrug is een bekend monument bekend in Delft (Figuur 50). Bij het Raam kan hetzelfde ontwikkeld worden. Een gracht beneden het maaiveld, die in open verbinding staat met de gracht die loopt langs de Rietveld en gracht aan de Geerweg. Deze maatregel heeft als voordeel dat er voor de bewoners aan het Raam niets zal veranderen.



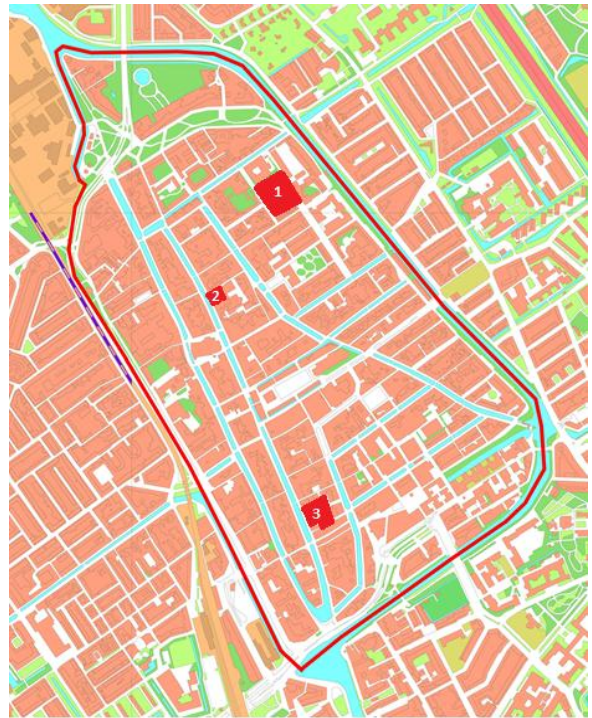
Figuur 9 Boterbrug in Delft (straatkaart.nl).

Extra waterberging

De extra waterberging die gecreëerd wordt is identiek aan de maatregel op niveau 2.

Parkeerterreinen

Er zijn drie grote parkeerterreinen in de binnenstad van Delft aanwezig (Figuur 51). Bezoekers van het centrum van Delft maken hier gebruik van om hun vervoermiddel te parkeren. De Paardenmarkt (Nummer 1 in Figuur 51) heeft een grootte van 2236 m² en het Gasthuisplein (Nummer 3 in Figuur 51) heeft een grootte van 3876 m². Door de relatief grote oppervlakte van beide terreinen zijn deze locaties geschikt om te gebruiken voor het creëren van groen of het bergen van water. Maar ook kleinere locaties, zoals het parkeerterrein van de Voorstraat met een oppervlakte van 704 m² (Nummer 2 in Figuur 51), kunnen op een manier worden ingericht, zodat groen en water meer ruimte krijgen.



Figuur 51: Parkeerterreinen in Binnenstad Delft

Niveau 1

De bedoeling is dat de meeste bezoekers van Delft die op dit moment gebruik maken van één van de parkeerplaatsen in de binnenstad, gebruik gaan maken van de drie grote parkeergarages, Zuidpoort-, Phoenix- en marktgarage, net aan de rand van de stad. De helft van de parkeerplaatsen op de verschillende terreinen worden verwijderd. De ruimte die dan beschikbaar is, wordt gebruikt voor het creëren van groen. Bepanting krijgt hier de mogelijkheid om zich te ontwikkelen. Deze maatregel is effectief voor de verkoeling van de stad en de opname van emissies en water. Een bijkomend voordeel is dat groen een positief effect heeft op een gezondere en aantrekkelijkere leefomgeving. De helft van de parkeerplaatsen die overblijven, worden met halfverharding verhard (Figuur 52). Op deze manier transformeren de parkeerplaatsen van hitte-eilanden in de stad naar koele-eilanden. Een voorbeeld waar halfverharding is toegepast, zijn de parkeerplaatsen langs de Korftlaan in Delft (Figuur 53).



Figuur 52: Halfverharding
(groenblauwenetwerken.com)



Figuur 53: Parkeerplaatsen Korftlaan Delft (google.streetview)

Niveau 2

Van de helft van de parkeerplaatsen wordt een berging en zuivering gemaakt voor water. Afstromend regenwater van parkeerplaatsen is sterk vervuild, waardoor een zuivering van het water zeer gewenst is. Door op een gedeelte van de parkeerplaats een vijver aan te leggen zal het water wat van de parkeerplaatsen afkomt eerst gezuiverd worden door de oeverbegroeiing (helofytenfilter) dat in de vijver aanwezig is. Bovendien zijn deze vijvers effectief tijdens hevige regenbuien, want dan dient het als waterberging. Tevens zal het voor de biodiversiteit een positieve bijdrage leveren, doordat er voor verschillende flora-en faunasoorten een leefmilieu wordt gecreëerd.

Niveau 3

Een maatregel die genomen kan worden voor minder energie uitstoot en daarmee een betere luchtkwaliteit, is het autoluw maken van de binnenstad van Delft. Door het verbieden van vervuilende vervoermiddelen in de binnenstad van Delft, zullen veel problemen worden opgelost. Problemen als onvoldoende ruimte, slechte waterkwaliteit en luchtvervuiling zullen deels worden voorkomen aan de hand van het verbieden van vervuilende vervoermiddelen in de binnenstad. Het gevolg hiervan is dat er minder parkeerplaatsen nodig zijn om de vervoermiddelen kwijt te kunnen. Hierdoor kunnen de parkeerplaatsen, Paardenmarkt, Gasthuisplein en Voorstraat worden opgeheven en worden gebruikt voor het creëren van groen en de berging van water.

Uitvoering

Deze maatregelen kunnen niet zonder gevolgen worden genomen. Bij het uitvoeren hiervan dient rekening gehouden te worden met de bezwaren die hierdoor ontstaan. Mensen willen namelijk graag dichtbij hun bestemming kunnen parkeren en zullen daardoor niet content zijn met het besluit om de binnenstad autoluw te maken. Om deze bezwaren voor te zijn, dient er in een vroeg stadium voorlichting gegeven te worden over de plannen. Ook worden alternatieve locaties aangewezen waar voldoende plek is om vervoermiddelen te parkeren. De (nieuwe) parkeergarages, Zuidpoort-, Phoenix- en marktgarage, zullen hiervoor geschikt zijn. Deze parkeergarages zijn gelegen ten zuiden, oosten en Westen van het centrum van Delft. Door de binnenstad van Delft minder toegankelijk te maken voor vervoermiddelen is het ontwikkelen van een nieuwe parkeergarage ten noorden van Delft gewenst, zodat er voldoende ruimte ter beschikking is als alternatief voor de parkeerterreinen in de binnenstad. Tegelijkertijd ontstaat de kans om deze parkeergarage te koppelen met het bergen van water. In Rotterdam is deze combinatie al ter ontwikkeling gebracht (Gemeente Rotterdam, 2013). De gemeente heeft een onderzoek uitgevoerd om te kijken welke oplossing voor het bergen van water het meest succesvol is. Hier is de parkeergarage in combinatie met waterberging naar voren gekomen (Figuur 54). Hier kan 10000 m³ water geborgen worden, waardoor het rioolstelsel sterk wordt ontlast.



Figuur 54: Waterberging in parkeergarage (Gemeente Rotterdam, 2013).

Om minder valide mensen naar hun bestemming te vervoeren, zullen bij de verschillende parkeergarages bedrijven gelegen zijn waar elektrische vervoermiddelen de mensen kunnen vervoeren van parkeergarage naar bestemming (Figuur 55). Delft is al reeds bekend met een fietstaxi, dat passend is bij dit idee. In Sneek is het plan al uitgewerkt om door middel van elektrische vervoermiddelen bezoekers en toeristen van parkeerplaatsen buiten de stad naar het centrum te vervoeren (duurzaamvervoersneek.nl).



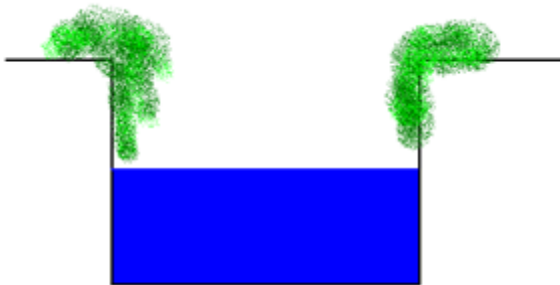
Figuur 55: Elektrische bus (duurzaam-vervoer-sneek.nl)

6. Algemene oplossingen

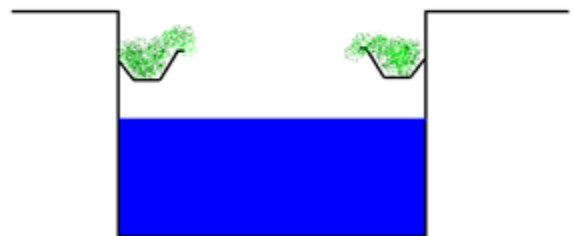
6.1 Water

Grachten

Een maatregel die toegepast kan worden op meerdere locaties in Delft ter verbetering van de waterkwaliteit is het toepassen van groen langs de grachten. Het regenwater dat via de straat in de gracht terechtkomt, kan enigszins vervuild zijn. Het ontwikkelen van groen langs de gracht zal voor zuivering van het water zorgen. Bij normale regenval kan het water opgevangen worden door het groen en als de verblijftijd lang genoeg is kan het afstromende water enigszins gefilterd worden. De uitvoering hiervan kan op twee verschillende manieren. Bij maatregel 1 wordt op de kant van de gracht groen aangeplant (Figuur 56). Het straatbeeld wordt hierdoor een stuk groener, waardoor het een aantrekkelijk beeld van de stad oplevert. Een nadeel van deze oplossing is dat het de ruimte van de parkeerplaatsen inneemt. Bij maatregel 2 is dit probleem opgelost door het plaatsen van goten langs de zijkanten van de gracht (Figuur 57). Hierbij wordt geen ruimte ingenomen en zal de effectiviteit van de waterzuivering hetzelfde zijn als bij maatregel 1. Alleen heeft maatregel 1 niet het positieve effect op de aantrekkelijkheid van het straatbeeld.



Figuur 56: Maatregel 1



Figuur 57: Maatregel 2

Halfverharding

Indien wandelpaden aangelegd worden, bijvoorbeeld bij niveau 3 van de Phoenixstraat, zal halfverhard materiaal gebruikt worden. Het materiaal dient zorgvuldig uitgekozen te worden, want sommige materiaalsoorten zijn ongeschikt om te gebruiken. Een goed voorbeeld hierbij, is het verschil van wandelpaden die aangelegd zijn in het Hertenkamp in Delft en de wandelpaden in het Delftse Hout. Bij de Hertenkamp is gebruik gemaakt van Duomix en in het Delftse Hout is Gralux gebruikt. Het verschil is aanzienlijk. De wandelpaden van het Delftse Hout zijn een stuk minder van kwaliteit. De paden zijn baggerig en niet geschikt om te gebruiken in de stad. De paden in het Hertenkamp zien er na circa 10 jaar nog steeds netjes uit. Hierdoor dient er voor de aanleg van paden gekozen te worden voor het materiaalsoort Duomix.

Regenton

Het integreren van de regenton is een goed alternatief voor de berging van water, maar het heeft ook een positief effect op de bewustwording van de mensen. Een regenton is een eenvoudige maatregel om duurzamer met het water om te gaan. Voor het water geven van begroeiing kan het water uit de regenton gebruikt worden, waardoor water wordt bespaard. Tijdens hevige regenbuien kan het water weer geborgen worden, zodat de rioolstelsel wordt ontlast. Een nadeel van een houten regenton is dat het veel ruimte inneemt en dat het snel beschadigd wanneer het vriest. De regentonnen die van kunststof zijn gemaakt, zijn hier een goed alternatief voor (Figuur 58). Deze regentonnen nemen namelijk minder ruimte in beslag en zijn niet gevoelig voor vorst.



Figuur 58: Regenton van kunststof (wonen.blogg.nl)

6.2 Groen

Op diverse plaatsen in de binnenstad is het goed mogelijk om de stad te vergroenen en de leefbaarheid te verhogen. Op meerdere manieren is dit mogelijk: ontharding van de tuinen van bewoners, gevelbegroeiing en creëren van pergola's in de straten van Delft.

Gevelbegroeiing

Het toepassen van groene gevels dragen in grote mate bij aan de leefbaarheid en voldoet aan de vraag naar meer groen in de binnenstad. De binnenstad van Delft is een prima locatie om dit type begroeiing toe te passen. Het grootste voordeel van gevelbegroeiing is dat het weinig ruimte in beslag neemt (M.S. Spil, 2012).

Tuinen

Het stimuleren van bewoners om hun tuin te ontharden, is belangrijk in de stad. Alle tuinen samen omvat een grote oppervlakte, waardoor dit invloed heeft op het vergroenen van de stad. Informatie verlening via folders of op de website van Gemeente Delft informeren over de positieve effecten van een onverharde tuin is hiervoor een goede maatregel. Ook jaarlijkse acties, bijvoorbeeld door één keer per jaar iedere bewoner in het voorjaar bloembollen te geven met bijgevoegde informatie, zal mensen meer bewust maken over het belang van het vergroenen van de binnenstad.

6.3 Energie

In dit hoofdstuk worden enkele kansen beschreven voor Delft op het gebied van duurzame energie. Hierbij wordt onderscheid gemaakt in kansen in de vorm van projecten en in kansen voor gebouwen.

Projecten

E-deal

Het project 'Widar in de Zon' is een zogehete E-deal, dat een samenwerkingsverband is tussen gemeente Delft, de Vrije School Widar en de biologische supermarkt Ekoplaza (delft.nl). Op de Vrije School Widar worden 90 zonnepanelen geplaatst, die geïnvesteerd zijn door Ekoplaza. Ekoplaza kan deze panelen relatief goedkoop verkrijgen door de groene investeringsregelingen. Mensen die betrokken zijn bij Widar, zoals ouders en leraren, kunnen aan dit project meedoen door het kopen van waardebonnen die besteedt kunnen worden bij Ekoplaza. Widar betaald jaarlijks een bepaald bedrag om de zonnepanelen af te kopen. Na circa tien jaar zullen de zonnepanelen eigendom zijn van de school, waardoor de school na deze tien jaar over gratis duurzame energie beschikt.

'Widar in de Zon' is de eerste e-deal die is afgesloten. E-deal is bedoeld om de ambitie van energieneutraal Delft in 2050, te behalen. Voor meerdere partijen zal een E-deal voordelen met zich meebrengen, waardoor hier kansen liggen op het gebied van een energie duurzamere binnenstad.

Gebouwen

Voor gebouwen die vanaf nu gebouwd worden, dient bij voorbaat gekeken te worden naar welke maatregelen toepasbaar zijn om het gebouw duurzaam te maken. Er kan gebruik worden gemaakt van de 'Trias Energetica' om stapsgewijs tot een energieneutrale binnenstad te komen. De 'Trias Energetica' is uitgewerkt door de TU-Delft, onder leiding van Cees Duijvestein en bestaat uit de volgende drie stappen:

- Stap 1: Beperk de energievraag
- Stap 2: Gebruik duurzame energiebronnen / gebruik van reststromen
- Stap 3: Gebruik fossiele energiebronnen zo efficiënt mogelijk

Bij de bouw of renovatie van gebouwen wordt een Programma van Eisen (PvE) aanbevolen. Bij toekomstige bouwprojecten zijn er dan een aantal maatregelen waaraan de aannemer moet voldoen. Dit kan zorgen voor hogere kosten in de aanleg, maar levert op lange termijn veel op.

De volgende onderwerpen kunnen in het PvE worden opgenomen:

- Geothermische energie
- Groene daken (bepaald percentage van de oppervlakte)
- Zonnepanelen
- Zonneboilers
- Isolatie
- Waterrecycling

Bij nieuwe projecten zullen deze stappen een bijdrage kunnen leveren aan een energieneutrale samenleving. Wanneer deze stappen worden toegepast bij een ontwerp van een gebouw, wordt tegelijkertijd rekening gehouden met het duurzaamheidsaspect.

Bij elke stap zijn kansen te geven die toepasbaar zijn op gebouwen in de binnenstad van Delft. Hieronder wordt per stap beschreven welke kansen dit zijn.

Stap 1, Beperk de energievraag

- Voorlichting geven over energie
- Per huishouden, bedrijf of instantie thermostaten plaatsen waarop te zien is hoeveel energie er wordt verbruikt,
- Isolatieverbetering,
- Toepassen van efficiënte verlichting (LED-verlichting, Lichtsensoren, daglichtgebruik, gebruik van lichtere muren),

Stap 2, Gebruik duurzame energiebronnen / Gebruik van reststromen

- Warmte-koude opslag (WKO)
- Gebruik van biomassa/organische afval
- Zonne-energie
- Gebruik van afvalwater
- Warmtepomp
- Windenergie
- Gebruik van Restwarmte

Stap 3: Gebruik fossiele energiebronnen zo efficiënt mogelijk

- Warmtekrachtkoppeling (WKK)

7. Conclusie

De oude binnenstad kreeg zijn huidige vorm in 1355. De bodem rondom Delft bestaat uit zeelei en veen. Het oudste gedeelte van de binnenstad is gelegen op een voormalige kreekkrug, bestaande uit zand.

De binnenstad van Delft heeft een grachtenstelsel dat in verbinding staat met de Schie. Een klein gedeelte van de binnenstad heeft een gescheiden rioolstelsel. De rest is gemengd. Vervuiling door emissiebronnen zorgen voor verontreinigd hemelwater. Afstromend water van verharde oppervlakten brengen verdere vervuilende stoffen mee. Anticipatie op regenval wordt gedaan door verlaging van het waterpeil. Er is maar een beperkte verlaging mogelijk.

Groen zorgt ervoor dat niet al het licht de bodem kan bereiken. Hierdoor wordt men minder blootgesteld aan schadelijke UV-straling. Absorptie van IR-straling voorkomt temperatuursverhoging. In het najaar en in de winter is er veel neerslag en harde wind. De windsnelheid kan sterk worden teruggebracht door groen. Vegetatie zuivert de lucht en neemt onder andere de schadelijke fijnstoffen op. Groen onderschept neerslag. Deze onderschepping vermindert de wateraanvoer op de bodem en het oppervlaktewater. Ten slotte is gebleken dat groen een positief effect heeft op de gesteldheid van mensen.

Elke gemeente is verantwoordelijk voor de leefbaarheid binnen de gemeentegrenzen. Ze zijn daarom genooddaakt om duurzame maatregelen toe te passen. Ook houdt dit in dat vervuiling moet worden verminderd. De gemeente Delft heeft hier met verschillende projecten nu en in het verleden daar invulling aan gegeven.

Volgens deskundigen komt de klimaatverandering door de uitstoot van broeikasgassen. Als gevolg stijgt de temperatuur. Dit heeft verdere gevolgen voor de sneeuw- en ijsbedekking, neerslaghoeveelheid en de zeespiegel. Dit heeft gevolgen voor de ecologie en economie.

In Nederland is vastgesteld dat de temperatuurstijging 2 keer zo veel is als het wereldgemiddelde. Een toename van westenwinden veroorzaakt zachtere winters. De afname van bewolking en stofdeeltjes zorgt ervoor dat meer zonnestraling het aardoppervlak bereikt. 's Winters neemt de hoeveelheid neerslag toe. 's Zomers neemt de intensiteit van regenbuien toe.

In de steden ontstaan problemen zoals wateroverlast en hittestress. Hierdoor daalt de arbeidsproductiviteit, neemt de sterfte toe onder kwetsbare groepen en verandert de biodiversiteit.

De waterproblematiek is vooral prominent in de omgeving van het Rietveld, Vlamingstraat en Trompetstraat. De problemen zijn vochtigheid in de huizen en vollopende kelders en kruipruimten.

De groenstructuur van de stad bestaat uit parkjes, binnentuinen en bomenlanen. Grote oppervlakten zijn verhard en dragen bij aan de temperatuurstijging. Dit is evident op de Grote Markt, het Zuidpoortgebied en de omgeving van de Phoenixstraat.

Het energieverbruik is in de loop van de tijd gestegen. Een belangrijke factor is gemotoriseerd verkeer. In Delft bestaat het verkeer vooral uit bewoners en bezorgers. Door toename van het aantal internetverkopen neemt de laatste groep toe.

Dit plan voorziet in een omvorming van de binnenstad. De binnenstad moet meebewegen met het klimaat. De binnenstad moet gezondheid uitstralen. In de binnenstad moeten mens en natuur een geschikte leefomgeving vinden.

In de omgeving van de Phoenixstraat wordt een spoortunnel ontwikkeld. Het huidige ontwerp van de tunnel voorziet in een boulevard, voornamelijk met stenen ondergrond. De aanbevelingen voor dit gebied luiden: Toepassen van halfverharding, plaatsen van meer bomen, aanleggen van een groene trambaan en/of zelfs een nieuw, parkachtig ontwerp met ruimte voor ecologie en historie.

De Grote Markt is een groot versteend oppervlak. Voor dit gebied worden de volgende maatregelen toegepast: Plantvakken, regentonnen, aanplant van bomen, molgoten en/of halfverharding in combinatie met waterkratten.

Maatregelen voor het Zuidpoortgebied bestaan uit verticale tuinen, plantvakken in combinatie met zitgelegenheid, aanplant van bomen, molgoten, fonteinen en/of groene daken.

't Raam, een gracht die vroeger is gedempt, kan (gedeeltelijk) weer worden teruggebracht. Zo ontstaat meer waterberging, maar verliest men ook parkeerplaatsen.

Parkeren in de binnenstad wordt teruggebracht. Parkeerterreinen in de binnenstad worden kleiner en worden opgevuld met groen. Er wordt halfverharding op de overgebleven parkeervakken, waterberging en groen in de vrijgekomen ruimte en/of een verbod op vervuilende voertuigen aanbevolen. Als tegenmaatregel wordt de bouw van een parkeergarage aan de noordkant van de binnenstad aangeraden.

Algemene maatregelen die de gemeente kan nemen bestaan uit het toepassen van groen langs de grachten, meer aanleg van halfverhardingen, het gebruik van regentonnen en het vergroenen van de stad. Het laatste kan gerealiseerd worden door door pergola's, gevelbegroeiing en het ontharden van tuinen.

Met betrekking tot energie kan de gemeente Delft gebruik maken van projecten zoals 'Widar in de Zon'. Verder kan gekeken worden naar het verduurzamen van gebouwen met de 'Trias Energetica'.

8. Discussie

Naar sommige maatregelen is er geen research gedaan naar de mogelijkheid tot ontwikkeling van de maatregel, bijvoorbeeld bij de parkeergarage aan de noordzijde van de binnenstad van Delft. Hierdoor bestaat de kans dat de gemeente Delft het interpreteert als onhaalbaar.

Het opstellen van de maatregelen is niet in samenwerking gegaan met actoren. Het is mogelijk dat hierdoor weerstand kan ontstaan op deze maatregelen.

Als projectgroep is uitgegaan van een zekere betrouwbaarheid van de gebruikte literatuur. De mogelijkheid bestaat dat andere literatuur het tegenovergestelde beweren.

Een groot deel van de gebruikte literatuur is afkomstig van het internet. Niet alle wetenschappelijke literatuur is beschikbaar. Het is mogelijk dat de bestaande literatuur over dit onderwerp niet ten volle benut is.

Literatuurlijst

Alterra (2009). *Groen is gezond*: Belangrijkste conclusies uit het vitamine G onderzoeksprogramma. Symposium Natuur als Kuur, Wageningen.

Alterra, Wageningen, 2004. Gladheidbestrijding en waterkwaliteit. Alterra rapport 1072.Geraadpleegd op 12-11-13 <http://edepot.wur.nl/90550>

Beerens J.H.M., G.A.M. Hafkenscheid, A.I. Jansen, A. de Lange, C.W. Stam & G. Verkerk, 1977. BINAS – Informatieboek voor natuurwetenschappen en wiskunde, 6^e druk, Noordhoff Uitgevers

Bodemdata, Alterra Wageningen.
Link: <http://www.bodemdata.nl>
Geraadpleegd op 14-11-2013

Bos A. en H. Mees. 2012. Effectief beleid voor groene daken - Wat kunnen we leren van het buitenland? Dak & Gevel Groen, vol 3:2 (2012), p 14-17

Brussels Instituut voor Milieubeheer. 2010. Een Groene Gevel Realiseren

Cochrane G. Ross, 1970. Colour and false-colour aerial photography for mapping bushfires and forest vegetation. Auckland, Department of Geography, New Zealand Ecological Society, vol. 17, pag. 96-105

Drunen van M. A. 2006. Naar een klimaatbestendig Nederland. Klimaat voor ruimte.

Duurzaam vervoer Sneek, 2012. <http://www.duurzaamvervoersneek.nl/over-duurzaam-vervoer-sneek/>, geraadpleegd op 9 januari 2014

Degroenestad.nl, 2009.
<http://www.degroenestad.nl/artikelen/Gemeente%20Delft%20gaat%20voor%20groene%20daken.wl>
i, geraadpleegd op 20-01-14

Elfferich C., A. van Heerden & W. Troelstra, 2011. Planten in Zuid-Holland zuid (District 16). Nijmegen, FLORON

Energieloket, 2013
Link: www.energieloket.info
Geraadpleegd op 30-10-2013

European Commision, Europe 2020.
Link: http://ec.europa.eu/europe2020/index_en.htm
Geraadpleegd op 30-10-2013

Gemeente Delft. 2000. Waterplan Delft: een blauw netwerk
Gemeente Delft, 2012. Binnenstad 2012, 7.1 Water
Link: http://www.ruimtelijkeplannen.nl/documents/NL.IMRO.0503.BP0014-2001/t_NL.IMRO.0503.BP0014-2001_7.1.html
Geraadpleegd op 12-11-2013

Gemeente Delft. E deal oor widar in de zon,
http://www.delft.nl/Inwoners/Actueel/Pers/Persberichten/Oktober_2013/E_deal_voor_Widar_in_de_Zon_Geraadpleegd op 06-11-2013

Gemeente Rotterdam, 2013. *Waterplan 2 Rotterdam: Werken aan water voor een aantrekkelijke en klimaatbestendige stad*, Rotterdam.

Geurts H. & J. Kuiper, 1997. *Weergaloos Nederland*. De Bilt, Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut, Kosmos-Z&K Uitgevers

Ham, Van der R., 2009. *Muurflora in Delft*. Delft, KNNV afdeling Delfland

Hiemstra, J.A., J. Buiteveld, J. Kopinga en K.G. Kranenburg, 2006. *Belang en toekomst van de iep in Nederland*. Wageningen UR.

Hoogheemraadschap Delfland, 2013
Link: <http://www.hhdelfland.nl/doet-delfland/voldoende-water/neerslagprotocol>
Geraadpleegd op 12-11-2013

Janssen B., B. Bomas, J. van Bergen, V. Kuypers. 2013 *Ambitie klimaatbestendige stad 2050*. Ministerie van Infrastructuur en Milieu

Klimaatagenda: weerbaar, welvarend en groen. Ministerie van Infrastructuur en Milieu, oktober 2013.

Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut, 2012. *Effecten van klimaatverandering in Nederland: 2012*. Den Haag, Planbureau voor de leefomgeving

Kortmann L. J., E. Peijnenborgh, J. Harrewijn en L. van Hulst. 2007. *Klimaatverandering: oorzaken, gevolgen en oplossingen*

Nonhof C., & R. van der Ham, 2011. *De muurflora van oude binnensteden*. Delft, KNNV uitgeverij, *Natura*, vol. 108:2, pag. 6-8

Ouden den J., B. Muys, F. Mohren & K. Verheyen. 2010. *Boscologie en bosbeheer*. Leuven, Uitgeverij Acco.

Pleasance C., 2013. *Lung cancer rates in Beijing are up by 50 percent*. 11 november. London, Daily Mail

Pötz H. 2012. *Groenblauwe netwerken voor duurzame en dynamische steden*. Atelier GroenBlauw

Prevosth, J., T. Voordt, van de, M. Doets, (2013). *Het creëren van een healing environment*. *Facility Management Magazine*, Laanbroek Schoeman adviseurs, TU Delft, Delft.

Ronde de K. 2009. *Groen is gezond, belangrijkste conclusies uit het vitamine G onderzoeksprogramma*. Alterra/Nivel

Roorda N. 2007. *Werken aan duurzame ontwikkeling*. Groningen, Wolters-Noordhoff

- Roos R. & S. Woudenberg (red.) e.a., 2004. Opgewarmd Nederland. Amsterdam, Stichting NatuurMedia, Uitgeverij Jan van Arkel en Stichting Natuur en Milieu
- Ruimte plannen 2012. Milieu, 7.1 Water.
Link: http://www.ruimtelijkeplannen.nl/documents/NL.IMRO.0503.BP0014-2001/t_NL.IMRO.0503.BP0014-2001_7.1.html
Geraadpleegd op 14-12-2013
- Spil, M.S., 2012. *Delfts Groen*: Over de mogelijkheden en potentiële locaties van gevelbegroeiing in de Delftse binnenstad. In Holland Delft.
- Stadsgewest Haaglanden, Energiebesparing
Link: <http://haaglanden.nl/energiebesparing>
Geraadpleegd 14-11-2013
- Stichting EREA, 2013.
Link: http://www.stichtingerea.nl/index.php?option=com_content&view=frontpage&Itemid=1
Geraadpleegd op 30-10-2013
- Tonneijck F., 2008. Over bomen en buien. Bomennieuws lente.
- Vakteam Milieu. 2009. Actualisatie Klimaatplan Delft 2008-2012. Gemeente Delft
- Veen van der J. 2013. Klimaatadaptatie deel 6: de Stad
Link: <http://www.duurzaamgebouwd.nl/overheid/20131010-klimaatadaptatie-deel-6-de-stad>
Geraadpleegd 12-11-2013
- Wageningen UR, 2013
Link: <http://www.wageningenur.nl/nl/show/De-verandering-van-het-klimaat-in-Nederlandse-steden.htm>
Geraadpleegd 12-11-2013
- Weeda E. J., R. Westra, C. Westra & T. Westra, 1985. Nederlandse Oecologische Flora – Wilde planten en hun relaties, deel 1. KNNV-uitgeverij
- Werf van der R. 2005. Afkoppelvisie Delft. Hoogheemraadschap Delfland, Delft
- Werf van der R. 2005a. Grondwatervisie gemeente Delft. Gemeente Delft, Delft
- Wesseling, J., S. van der Zee, A. van Overveld, 2011. Het effect van vegetatie op de luchtkwaliteit. Rapport 680705019. Bilthoven, Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM)
- Zee S.C. van der & I.C. Walda, 2008. GGD-richtlijn medische milieukunde – Luchtkwaliteit en gezondheid. Rapport 609330008. Bilthoven, Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM).

Bijlagen

Bijlage 1 - Opdrachtomschrijving

Beschrijving

De sterke mate van verstedelijking van de regio maakt het gebied kwetsbaar voor de gevolgen van klimaatveranderingen. Extreme buien, maar ook droogte zullen vaker voorkomen en tot problemen leiden in dicht verstedelijkte gebieden als de binnenstad in Delft. De Delftse binnenstad zal zich fysiek moeten aanpassen (klimaatadaptatie). De effecten van de klimaatverandering kunnen grote gevolgen hebben voor de fysieke omgeving, gezondheid en leefbaarheid in de binnenstad. Warmere en drogere perioden kunnen ingezet worden om kansen te ontwikkelen voor recreatie. Op deze manier wordt de behoefte aan recreatiemogelijkheden vergroot en een kans bieden voor recreatie. Tegelijkertijd leiden de steeds warmer wordende zomers tot extra energieverbruik. Klimaatverandering, en dan specifiek de warmteperioden, heeft effect op de beplanting waaronder bomen die behouden moeten worden voor het creëren van een goede leefomgeving, het aanwezige groen zorgt ook voor verkoeling. Klimaatveranderingen hebben niet alleen negatieve gevolgen. Het biedt ook kansen voor innovatieve oplossingen hoe hiermee kan worden omgegaan. In breder verband wordt in het Onderzoeksprogramma Kennis voor Klimaat, een regionale adaptatiestrategie uitgewerkt. Dit onderzoek kan daar in de uitvoering een relevante bijdrage aan leveren.

Doel is te komen tot een actieplan voor een klimaatbestendige binnenstad. Dit actieplan bevat concrete oplossingsrichtingen voor klimaatadaptatie en mitigatie voor publieke partijen over manieren hoe zij met klimaatverschijnselen in de binnenstad om kunnen gaan en hoe bewoners hierin kunnen participeren. Aandacht gaat primair uit naar extreme regenval/toename wateroverlast, hitte en droogte, toename watervraag en toename energievraag. Bij de totstandkoming van de oplossingsrichtingen wordt gebruik gemaakt van de trias energetica en de stromingsleer (Sybrand Tjallingi). Tevens worden handvatten geboden voor ontwerpers, stedenbouwers en beleidsmedewerkers om de fase van planvorming te ontstijgen en te stimuleren dat er concrete maatregelen worden doorgevoerd. Creativiteit en flexibiliteit zijn hierin sleutelwoorden waarbij nadrukkelijk nieuwe ideeën en toepassingen uitgewerkt kunnen worden. De studie beperkt zich tot de binnenstad. Bij fysieke ingrepen moet rekening worden gehouden met monumentale panden en het beschermd stadsgezicht.

Doel

Een actieplan met concrete, nieuwe oplossingsrichtingen voor klimaatadaptatie en mitigatie voor de binnenstad.