Invloed van peilstijging IJsselmeer op grondwaterstand Zwolle



Afstudeerproject
Van Hall Larenstein 2011

Hattemerbroek, januari 2011,

Afstudeeronderwerp in opdracht van:
Van Hall Larenstein
Begeleider Dhr J.Schoenmakers
Te Velp

Externe begeleider gemeente Zwolle
Dhr J. Oosthof
Sectiehoofd Expertisecentrum
Civiel & Cultuurtechniek
Stadskantoor
Lübeckplein 2

Auteur:
Wijnand
van de Werfhorst

Invloed van peilstijging IJsselmeer op grondwaterstand Zwolle

Afstudeerproject
Van Hall Larenstein 2011

Hattemerbroek, Januari 2011,

Afstudeeronderwerp in opdracht van:
Van Hall Larenstein
Begeleider Dhr J.Schoenmakers
Te Velp

Auteur:
Wijnand
van de Werfhorst

Externe begeleider gemeente Zwolle
Dhr J. Oosthof
Sectiehoofd Expertisecentrum
Civiel & Cultuurtechniek
Stadskantoor
Lübeckplein 2

Voorwoord

Naar aanleiding van mijn afstudeerproject aan Hogeschool Van Hall Larenstein te Velp (studie richting Land en Watermanagment), kwam ik terecht bij een vacature van de gemeente Zwolle. Na een positief telefonisch contact kwam al gauw een geschikt onderwerp op tafel namelijk de commissie Veerman. Het thema sluit goed aan bij mijn opleiding. Met name de actualiteit trekt mij erg aan. Je helpt mee om Nederland te verdedigen tegen mogelijke invloeden in de toekomst. Mede de uitdaging die in dit project ligt interesseert mij. Het is een thema waar alle grote instanties momenteel mee bezig zijn en er ligt geen kant en klaar plan op tafel. Alles moet worden uitgezocht. Dit zijn punten die mij erg motiveren om deze opdracht tot een positief einde te brengen. De keuze van het onderwerp werd mij voorgelegd door de gemeente Zwolle zelf. Na het telefonisch contact werd er al snel een vervolg afspraak gemaakt op het stadskantoor in Zwolle. Tijdens deze afspraak werden mij de plannen van de commissie Veerman voorgelegd. Al snel waren de eerste vergaderingen cq workshops ingepland. Bijvoorbeeld een workshop met alle betrokkenen rond om het IJsselmeer. Deze workshop werd gehouden in de raadszaal van het gemeentehuis te Zwolle. Gemeenten van Amsterdam tot Zwolle en alle betrokken provincies en Waterschappen waren erbij. Alleen al van de workshop kon ik veel leren. Het uitdagende van de opdracht is dat er veel vooronderzoek moet worden verricht. Dit gebeurt meestal d.m.v. workshops, vergaderingen, het inlezen van rapporten, benaderen van deskundigen, analyseren van gegevens en GIS bestanden.

De keuze van de thema's

De keuze van de thema's is in overleg met de gemeente Zwolle gekozen. Hier zijn de wensen van Van Hall Larenstein in meegenomen. Van Hall Larenstein wil graag een koppeling zien met ecologie. Dit heeft te maken met mijn Minor Eco-hydrologie. De gemeente Zwolle zou graag zien dat het thema grondwater met name rondom de binnenstad werd meegenomen. Dit heeft geleid tot de keuze van de volgende hoofdvraag (Invloed van peilstijging IJsselmeer op de grondwaterstand van Zwolle). Vervolgens is deze hoofdvraag onderverdeeld in vier deelvragen namelijk: Het effect van het grondwaterstijging op waardevolle bomen en riolering, het gebruik van MIPWA en de invloed van grondwaterstijging op het stedelijk gebied. De laatst genoemde deelvraag wordt deels ingevuld door berekeningen van Mazure. Dit is een poldermodel waarmee de stijging in het grondwater kan worden berekend.

Wat heb ik bereikt.

Een rapport waar de hoofdvraag en deelvragen nauwkeurig zijn uitgewerkt. Dit heeft geresulteerd in een eind conclusie of een aanbeveling. Verder heb ik veel geleerd van dit onderzoek en na mijn mening een positieve bijdrage kunnen leveren aan het Veerman project voor Zwolle. Tevens is het rapport begrijpelijk te lezen en een aanvulling voor een ieder die zich in het project verdiept.

Dankwoord

Graag zou ik via deze weg de heer Oosthof (gemeente Zwolle) willen bedanken voor het beschikbaar stellen van een afstudeer project. Waterschap Groot Salland wil ik bedanken voor het beschikbaar stellen van tijd en werkplek om mij met het model MIPWA te laten werken . Tevens wil ik de heer Schoenmakers bedanken voor de begeleiding vanuit Van Hall Larenstein. Ook wil ik via deze weg een ieder bedanken die mij heeft geholpen aan dit onderzoek.

Hattemerbroek
1-01-2011
Wijnand van de Werfhorst

Samenvatting
De tweede Deltacommissie heeft twaalf punten aan de Tweede Kamer voorgelegd. Deze adviezen zijn nodig om in te spelen op de klimaatsverandering. Een van deze adviezen is het verhogen van het IJsselmeerpeil. Het IJsselmeer vervult verschillende functies in Nederland en in de wereld. Hierbij valt o.a. te denken aan: watervoorraad, transport, trekvogels, tegen gaan van verzilting en de landbouw. Om in de verre toekomst niet in de problemen te komen is verhoging van het peil noodzakelijk. De zeespiegel stijgt, daarom is het van belang dat het IJsselmeerpeil meestijgt, zodat in de toekomst vrij kan worden gespuid op de Waddenzee. In hoeverre deze stijging moet plaats vinden wordt op dit moment grondig uitgezocht. In dit rapport is uitgegaan van een stijging van 1.50m op het IJsselmeer. Zelf denk ik dat dit niet gaat gebeuren. Gezien de vele problemen die door dit peilopzet ontstaan. In dit rapport zijn een aantal probleempunten toegelicht.

De deelvragen in dit rapport ondervinden allemaal een probleem als de stijging van 1.50 m zal worden doorgezet. De waardevolle bomen hebben (gezien de tijd om het te realiseren) niet genoeg tijd om zich aan te passen en zullen daardoor afsterven of door secundaire aantastingen van insecten ten ondergaan. Er zullen ook bomen zijn die hier geen last van ondervinden: dit is soort afhankelijk. Tevens speelt hier de GLG een grote rol. Hoe dieper de GLG, hoe beter het grondwaterpeil zonder problemen kan worden verhoogd. Van de gevoeligheid per boomsoort is een figuur gemaakt (figuur 17). Uit een analyse met GIS blijkt overigens dat de GLG te hoog komt voor de meeste waardevolle bomen, waardoor grootschalige boomsterfte niet uit te sluiten is. De rioleringen in de stad moeten worden gecheckt d.m.v. het DWAAS onderzoek (Droog Weer Afvoer Analyse Systematiek). D.m.v. deze check kan worden nagegaan of het systeem lekken vertoont. De verwachting is dat infiltratierioleringen water zullen inlaten, aangezien de grondwaterstand te veel stijgt. Tussen het infiltratieriool en de grondwaterstand moet een bepaalde drooglegging zitten. Het zelfde geldt voor overstorten. Bij een peil van rond de 1.30m in de Vecht zullen de meeste overstorten de oorspronkelijke functie verliezen. De berekeningen zijn gedaan aan de hand van analyses, voorgaand onderzoek, schattingen en Gis gegevens. De schattingen zijn gedaan met waarden uit het modelprogramma MIPWA. Ook toont de Gis analyse aan dat het infiltratie riool grotendeels zijn functie zal verliezen. We hebben het hier over een stedelijk gebied. Helaas is het zo dat een stedelijk gebied niet makkelijk is te vertalen in een model. Om deze reden wordt daarom ook aanbevolen Zwolle beter te schematiseren in het MIPWA model. Het is aan te bevelen om uitgebreid onderzoek te doen naar de waterhuishouding van de Gemeente Zwolle. Door tijdgebrek is dit niet volledig meegenomen in dit verslag. Ook is het van belang om kunstwerken en het huidige peilbeheer in de watergangen te monitoren.

Met de KD-waarden (zoals ze nu in MIPWA zijn gemodelleerd) is een berekening gemaakt d.m.v. de formule van Mazure. Uit de grafieken blijkt dat de stijging van het oppervlaktewater op een afstand van 2000m nauwelijks nog invloed heeft op de grondwaterstand. Dit beeld is een voorzichtige schatting. Verfijning van het MIPWA instrumentarium en meerdere berekeningen d.m.v. model analyses zijn noodzakelijk om tot een goede conclusie te kunnen komen. Om betrouwbaarder informatie te verkrijgen is het wenselijk verder en diepgaander onderzoek toe te passen. Ook verdient het de aanbeveling berekeningen uit te voeren vanuit meerdere watergangen. In Gis zijn de waarden van Mazure verwerkt tot een nieuwe GLG-kaart. Deze GLG kaart moet weer geven wat de waterstanden zijn in Zwolle na een peilverhoging van 1.50m op het IJselmeer. De waardevolle bomen zijn verdeeld in groepen die verdeeld zijn in mate van tolerantie. Deze indeling per tolerantie is weergegeven in figuur 17. Onderzoek op locatie is niet gedaan. Dit vergt te veel tijd. Mede om deze reden is er voor een andere aanpak gekozen, namelijk een analyse in GIS.

INHOUDSOPGAVE

Voorwoord

Samenvatting

Inhoudsopgave

1. Inleiding…..……...…….....7

1.1 Probleemstelling en Deelvragen……..8
1.2 Vier Peilvarianten…….9
1.3 Doel van onderzoek ……10
1.4 Hoofd & Deelvragen ……..……..…11
1.5 Methode beschrijving en verantwoording…….……12
1.6 Inhoudsbeschrijving per hoofdstuk…….…..13
1.7 Publieksomschrijving…….…….…..…13

2. Facts about Zwolle……..…….....14

3. **Watersysteem beheersgebied waterschap Groot Salland……..15**

4. **Omvang gebied en verwachte stijging…….17**

5. In hoeverre is Zwolle geschematiseerd in het MIPWA model…….20

5.1 Modellering ondergrond Zwolle in MIPWA…….22

6. Mazure……...24

6.1 Maken van nieuwe GLG in GIS…….25

6.2 Hoe verloopt de interactie van het grondwater op het oppervlaktewater……..26

7. Wat zijn de gevolgen voor de bestaande riolering…….31

7.1 Riolering……32

7.2 Waarom is het DWAAS onderzoek belangrijk……..32

7.3 Infiltratieriool Stadshagen……...35

7.4 Overstorten……....36

8. Waardevolle bomen……..37

8.1 Voor welke boomsoorten zijn de risico's het grootst en wat is het effect van toenemende leeftijd?.....42

8.2 Wat is het effect van de diepte van de beworteling van de aanwezige boomsoorten?.....43

8.3 Bij welke stapgrootte van een vernatting zijn de risico's acceptabel?..43

***8.3.1 Beleid/praktijk:* Hoe snel opeenvolgend kunnen stappen worden gezet in de verhoging van de grondwaterstand?.....44**

***8.3.2 Beleid/praktijk:* Hoe kunnen de effecten van vernatting worden gevolgd via monitoring van de vitaliteit?.....44**

***8.3.3 Praktijk:* Hoe kan vernatting flexibel worden ingezet?.....45**

***8.3.4 Beleid/praktijk:* Is totaal herstel van de oorspronkelijke situatie mogelijk na vernatting tot de oorspronkelijke grondwaterstand?.....45**

***8.4 Beleid/praktijk:* Hoe sterk neemt het windworprisico voor bomen toe na vernatting?.....46**

8.5 Situatie in Zwolle……..47

8.6 Conclusie waardevolle bomen…….49

9. Conclusie en aanbevelingen……..…….....51

Literatuurlijst……..…….....53

Bijlagen…….55

Bijlage 1 Onderzoeksproefvelden Bomen

Bijlage 2 Vergelijking oppervlaktewater Uniview met peilbuis Dino loket

Bijlage 3 Vergelijking peil stadsgracht met Dino loket peilbuis in omgeving

Bijlage 4 Vergelijking keersluis Zwolle met peilbuis Dino loket

Bijlage 5 Vergelijking Katerveer met peilbuis Dino-loket

Bijlage 6 Vergelijking oppervlaktewaterstand Hooiweg met peilbuis Dino loket

Bijlage 7 Grondwatertrap/boomsoorten/tolerantie tabel

Bijlage 8 kaart van Infiltratieriool Zwolle

Bijlage 9 kaart van Infiltratieriool Zwolle

Bijlage 10 kaart infiltratieriolering Zwolle

Bijlage 11 De C-waarden binnenstad zoals geschematiseerd in MIPWA.

Bijlage 12 De C-waarden Stadshagen zoals geschematiseerd in MIPWA.

Bijlage 13 Grafiek Mazure

Bijlage 14 Grafiek Mazure

Bijlage 15 Grafiek Mazure

Bijlage 16 Grafiek Mazure

Bijlage 17 Neerslag Grafiek

Bijlage 18 Satelliet kaart Zwolle

Bijlage 19 Overzichtskaart peilbuizen

Bijlage 20 Grondwatertrappen

Bijlage 21 Nieuwe GLG + bomen

Bijlage 22 Waterlopen + Knikpunten voor interpolatie

Bijlage 23 Selectie gebied met diepste GLG -40 -MV

Bijlage 24 A3 kaart GLG in M t.o.v. MV

Bijlage 25 A3 kaart GHG t.o.v. MV

Bijlage 26 A3 kaart GLG t.o.v. NAP

Bijlage 27 A3 kaart GHG t.o.v. NAP

Bijlage 28 A3 kaart Ahn/Mvh/Nap

Bijlage 29 A3 GWT Kaart

Bijlage 30 A3 kaart Waardevolle bomen

Bijlage 31 A3 kaart Waardevolle bomen

1.Inleiding

Omschrijving relevantie onderwerp

Dit rapport is geschreven in het kader van mijn afstuderen aan Van Hall Larenstein te Velp. De afstudeer opdracht heb ik uitgevoerd voor de gemeente Zwolle en draagt als titel 'Invloed van peilstijging IJsselmeer op grondwaterstand Zwolle'. De titel en opdracht is gekozen na aanleiding van de voorgestelde plannen van de tweede Delta commissie onder leiding van oud minister Cees Veerman.

We horen het de laatste jaren allemaal: het klimaat verandert. Er zijn mensen die stellen dat het allemaal wel meevalt. Anderen vinden dat het wel degelijk gaat veranderen. De feiten liegen er niet om en geven daadwerkelijk aan dat het klimaat aan het veranderen is. Daarom is het van belang dat we ons voorbereiden op een klimaatsverandering in de toekomst. Mede om deze reden heeft het kabinet een tweede delta commissie aangesteld. Volgens de commissie eist de kustbescherming van Nederland vele miljarden. De commissie, onder leiding van oud-minister Cees Veerman, gaat uit van een zeespiegelstijging van 0,65 tot 1,30 meter in 2100 en van 2 tot 4 meter in 2200. De Deltacommissie heeft een visie ontwikkeld voor de lange termijn.

Voor de periode tot 2100 heeft ze daarbij twaalf aanbevelingen geformuleerd. Aanbeveling 11 gaat over het IJsselmeergebied en wel in het bijzonder over hoe een ander peilbeheer van belang kan zijn voor zowel veiligheid als de zoetwatervoorziening. In 2008 heeft de commissie geadviseerd om het IJsselmeerpeil op lange termijn te verhogen met maximaal 1,5 meter. Deels als methode ter verhoging van de zoetwatervoorraad en deels om mee te stijgen met de stijgende zeespiegel, zodat in ieder geval tot 2100 het water uit het IJsselmeer vrij kan uitstromen naar de Waddenzee. De bodemdaling is hierin meegenomen. Dit advies is overgenomen in het Nationaal Waterplan, wat in december 2009 is vastgesteld door de 2^{e} kamer.

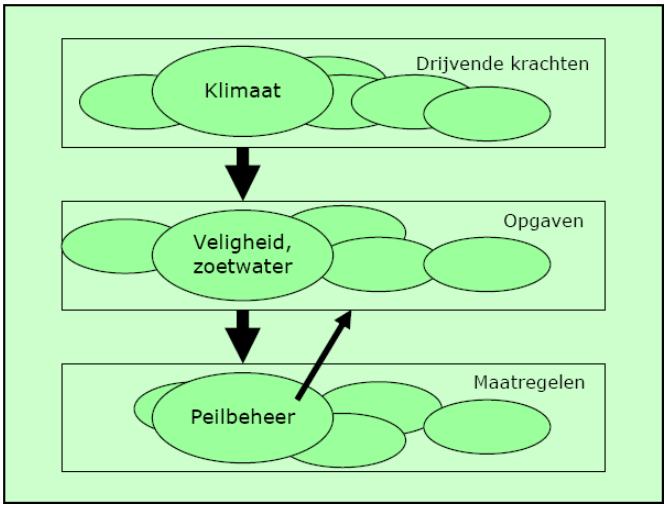
De IJssel/Vechtdelta is als onderzoeksgebied aangewezen om een beeld te krijgen wat de gevolgen zijn van een IJsselmeerpeil stijging voor de regio Zwolle. Een peilverhoging van maximaal 1,5 meter heeft directe invloed op het watersysteem van de gemeente Zwolle. In dit afstudeerrapport komt een deel van de knelpunten naar voren. Op deze manier wordt er een beeld gevormd over hoe en waar er zich problemen voor doen. Tevens wordt er gebruik gemaakt van het model- programma MIPWA. Er is onderzocht in hoeverre Zwolle geschematiseerd is in dit programma. Zwolle is tot nu toe in de luwte gebleven met een keersluis in het Zwarte Water. De problematiek omtrent de klimaatsverandering is de laatste tijd in een stroomversnelling terecht gekomen. Al met al kan dit omvangrijke project grote gevolgen voor o.a. de gemeente Zwolle hebben. Dit rapport moet meer duidelijkheid geven op de bij de probleemstelling en deelvragen genoemde punten en de hieruit voortvloeiende problemen of evt. kansen.

1.1 Probleemstelling en deelvragen

Probleemstelling

Voor het behoud van de veiligheid en om het IJsselmeer een centrale rol te geven in de zoetwatervoorziening van Nederland moeten keuzes worden gemaakt. Het gaat om keuzes die belangrijke consequenties hebben voor de ontwikkeling van het gebied en er omheen.
Het schema (zie figuur 1) laat een relatie zien tussen drijvende krachten,opgaven die daaruit voortvloeien en maatregelen om aan de opgaven te voldoen.

In het concept rapport: Voorverkenning lange termijn peilbeheer IJsselmeer staat klimaatverandering als drijvende kracht voor veranderingen in het IJsselmeergebied centraal. Andere drijvende krachten zijn buiten beschouwing gebleven.



Figuur.1 Het proces
Bron: concept rapport lange termijn peilbeheer IJsselmeer

Uit de keuze voor veiligheid en zoetwatervoorziening zijn maatregelen afgeleid. Centraal staat daarbij het peilbeheer van het IJsselmeer. Peilbeheer is een middel om een grotere buffervoorraad zoetwater te creëren. Peilbeheer is bovendien gekoppeld aan de hoofdkeuze voor de toekomstige veiligheid. Die gaat tussen een verdedigingslinie bij de Afsluitdijk (waarbij het huidige peilbeheer kan worden gehandhaafd en waarvoor een groot gemaal moet worden gebouwd) of een verdedigingslinie langs de IJsselmeer dijken (waarbij het IJsselmeer meestijgt met de zee en er onder vrij verval gespuid kan blijven worden). (Bron: Rijkswaterstaat et.al, 2010)

Om toekomstige vormen van peilbeheer te realiseren zijn aanpassingen in de waterhuishoudkundige infrastructuur nodig. Veranderingen in het peilbeheer beïnvloeden namelijk allerlei functies van het gebied; zo ook in Zwolle. Denk bijvoorbeeld aan natuur die “verdrinkt”. De ongewenste gevolgen van veranderend peilbeheer vormen nieuwe opgaven. In figuur 1 is dit weergegeven door de pijl die van Peilbeheer naar Opgaven loopt.

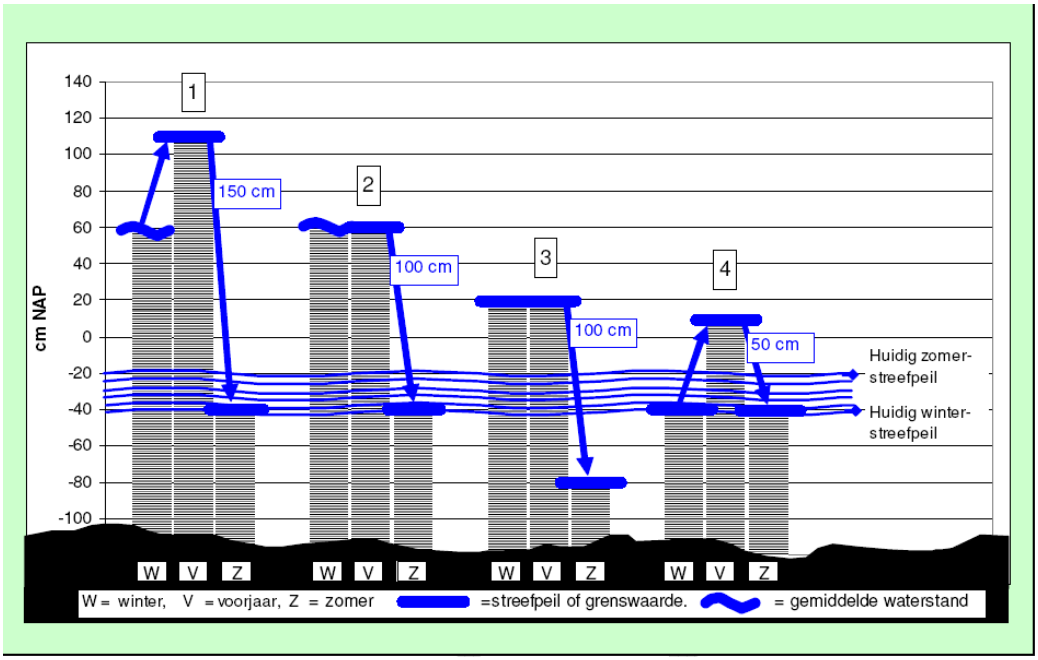
1.2 Vier peilvarianten

Er zijn vier varianten voor een toekomstig peilbeheer gekozen. Er is daarbij uitgegaan van de situatie over ca. 100 jaar en een zeespiegel die 1,30 meter gestegen is. De keuze van de peilvarianten is bepaald door overwegingen m.b.t. zoetwatervoorziening en veiligheid.

- Zoetwatervoorziening: Door er voor te zorgen dat het waterpeil in het voorjaar relatief hoog staat en aan het eind van de zomer laag mag staan is een “schijf” water beschikbaar voor de zoetwatervoorziening.

- Veiligheid: Voor de veiligheid is het cruciaal dat er in de winter voldoende water naar de Waddenzee kan worden afgevoerd. De huidige manier van afvoeren (spuien onder vrij verval) kan bij een stijgende zeespiegel worden voortgezet als het peil op het IJsselmeer mee stijgt met de zeespiegel. Als alternatief kan er voor worden gekozen om het IJsselmeer minder te laten stijgen door het overtollige water weg te pompen.

Tijdens mijn onderzoek wordt van de maximale stijging uitgegaan. Dit houd in dat er wordt gewerkt met de situatie zoals beschreven in peilvariant 1 (figuur. 2) In alle peilvarianten kan het peil in de loop van de zomer dalen. Hiermee komt een “schijf” zoetwatervoorziening ter beschikking van resp. 150, 100 of 50 cm. Hoe het peil in de loop van de zomer verloopt is niet aangegeven. Het peilverloop is afhankelijk van de zoetwater behoefte in een bepaald jaar, maar kan ook gestuurd worden vanuit andere waarden en functies van het gebied.(bijvoorbeeld ecologie). Zo geven de varianten bijvoorbeeld de mogelijkheid om in jaren met een geringe waterbehoefte het peil toch te laten dalen gedurende de zomer (Rijkswaterstaat et al.2010).



Figuur 2. de peilvarianten Bron: concept rapport lange termijn peilbeheer IJsselmeer

1.3 Doel van het onderzoek

Zwolle heeft een open verbinding met het IJsselmeer. Deze verbinding loopt via het Zwarte Water en de Overijsselse Vecht. Een peilverhoging van maximaal 1,5 meter heeft directe gevolgen voor de gemeente Zwolle. De vereiste drooglegging onder bebouwingen, wegen, bomen enz. zullen in kaart moeten worden gebracht. Er zal tevens opnieuw moeten worden gekeken naar infiltratie rioleringen, overstorten en hoe de afvoer van regenwater is geregeld. In dit afstudeerrapport komen de knelpunten genoemd bij de deelvragen naar voren. Op deze manier wordt er een beeld gevormd over hoe en waar er zich problemen gaan voor doen. De peilen van het oppervlaktewater en van peilbuizen worden d.m.v. een grafiek met elkaar vergeleken. Met deze 'quick scan' methode wordt snel duidelijk hoe de interactie is tussen peilstijging en het grondwater.

Door grip te krijgen op mogelijke effecten kan Zwolle een bijdrage leveren aan de discussie over het IJsselmeer en de toekomstige waterhuishouding van Nederland. Dit rapport vormt een beeld waar problemen kunnen ontstaan. Er wordt gekeken welke waarden er aan het gebied vast zitten alvorens er stappen worden ondernomen. Kort gezegd is het rapport zowel beeldvormend als waardebepalend.

1.4 Hoofd & Deelvragen

Veranderingen in het peilbeheer van het IJsselmeer hebben grote gevolgen.
Gevolgen voor het IJsselmeer zelf, maar ook voor alle gebieden waarvan de waterhuishouding gerelateerd is aan die van het IJsselmeer. Voor de gemeente Zwolle is dit het geval, omdat het in openverbinding staat met het IJsselmeer. Hierdoor zijn de volgende hoofdvraag en deelvragen naar voren gekomen.

Hoofdvraag:

Wat is de invloed van peilstijging IJsselmeer op de grondwaterstand Zwolle.
Uitgaande van peilvariant 1 zoals onder het kopje ‘vier peilvarianten§1.2’ is beschreven.

Deelvragen:

- In hoeverre is het bestaande grondwatermodel MIPWA bruikbaar om voldoende inzicht te krijgen in veranderingen in grondwaterpeilen in het stedelijk gebied van Zwolle.

- Hoeveel kan het grondwater stijgen voordat er problemen ontstaan in het stedelijk gebied van Zwolle.

- Wat zijn de gevolgen voor de bestaande riolering.

    - Liggen de infiltratierioleringen voldoende hoog boven het grondwaterniveau
    - Liggen de drempelwaarden van de overstorten voldoende hoog boven het oppervlaktewaterpeil (na opzetten peil IJsselmeer).

- Welke invloed heeft peilverandering op waardevolle bomen.

    - Kunnen d.m.v. stapsgewijs verhogen van het grondwater peil waardevolle bomen worden gered.

    - Welke soorten zijn hoog tolerant en welke soorten zijn weinig tolerant

1.5 Methode beschrijving en verantwoording

Op de volgende wijze heb ik de vragen in § 1.4 proberen te beantwoorden. D.m.v. het bijwonen van workshops, contacten onderhouden met het waterschap Groot Salland. Hier heb ik een dag in de week op kantoor gezeten om gebruik te maken van o.a. MIPWA (een programma voor het maken van een hydrologisch model). Tevens moet er meer duidelijkheid ontstaan in hoeverre Zwolle gemodelleerd is. Dit is nader uitgewerkt in samenwerking met het waterschap Groot Salland.
Het bestuderen van eerder uitgebrachte en recente rapporten omtrent peilverandering, het deltaprogramma, veranderingen in de grondwaterstand op bebouwing, flora, rioleringen, overstorten en de afvoer van regenwater behoort ook tot de methodiek en werkwijze. Over de verschillende onderwerpen is zelfstandig informatie opgevraagd bij deskundigen (o.a. het waterschap, DHVen Deltares).

Het project is grootschalig en veel partijen werken samen. We moeten met z'n allen werken aan een veilige toekomst voor later. Dit houdt in dat er veel onderzoek moet worden uitgevoerd. Grote ingenieursbureaus zoals DHV& Tauw zitten er boven op en zijn daarom ook belangrijke contact partners voor het uitwisselen van informatie. Het contact heeft bestaan uit het inwinnen van advies d.m.v. interviews of telefonisch contact. Daarnaast is intern bij de gemeente Zwolle informatie verzameld. De gegevens zijn verwerkt in dit rapport met een conclusie of bevindingen voor de toekomst. Aangevuld met kaarten en of model uitkomsten. Het is ook goed mogelijk (gezien de omvang van het project) dat vervolg onderzoek noodzakelijk is om daadwerkelijk tot een scherp geformuleerde conclusie te kunnen komen.

Een belangrijk onderzoekspunt is de interactie tussen oppervlaktewater en grondwater. Deze water waarden worden in een grafiek gezet, zodat goed overzichtelijk wordt hoe het grondwater reageert op peilveranderingen van het open watersysteem. Deze interactie laat ons d.m.v. grafieken zien hoe snel grondwater eventueel voor problemen kan gaan zorgen. Tevens wordt een verwachte peilstijging berekend met de formule van Mazure. Mazure is officieel gezien een polder model, maar kan wel een indicatie geven voor hoe het grondwater reageert op veranderingen in het oppervlaktepeil. Aan de hand van C/KD waarden uit MIPWA en een gekozen drainage afstand zijn grafieken vervaardigd. Waarop vervolgens de uitkomsten zijn verwerkt in een GIS analyse. Aan de hand van kaarten die betrekking hebben op de overige deelvragen zoals een rioleringkaart en een figuur met de verwachte stijging in de Vecht, wordt een nog beter beeld gevormd waar welke problemen in de toekomst kunnen gaan ontstaan.

1.6 Inhoud beschrijving per hoofdstuk

Het rapport is zo opgebouwd, dat er vanuit de deelvragen naar het beantwoorden van de hoofdvraag wordt toegewerkt. De deelvragen genoemd in deze inleiding hebben dan ook een duidelijke relatie met de probleemstelling. De inhoud van de hoofdstukken is een antwoord op de voorgenoemde deelvragen. Tijdens het schrijven van de hoofdstukken heb ik de zelfde volgorde aanhouden zoals ook omschreven in het kopje '*Hoofd en deelvragen'* .

Hoofdstuk twee bezit het antwoord op een belangrijke deelvraag. Deze deelvraag is namelijk een voorwaarde om de antwoorden op overige deelvragen goed en correct te kunnen beargumenteren. De volgende hoofdstukken komen aan de orde: In hoofdstuk 1 wordt in gegaan in hoeverre Zwolle is geschematiseerd in het MIPWA model. Hoofdstuk 2 geeft met behulp van grafieken de interactie weer tussen oppervlaktewaterpeilen en grondwaterpeilen. Hoofdstuk 3 geeft aan waar problemen ontstaan omtrent de rioleringen in het stedelijk gebied. Het betreft hier met name de infiltratie riolering, omdat deze voor problemen kunnen zorgen bij een stijgende grondwaterstand. Ook is het van belang dat de drempelwaarden van overstorten wordt gecontroleerd. Een te lage drempelwaarde resulteert er in dat water wordt ingelaten.

Het laatste hoofdstuk met de deelvragen omvat de vraag hoe waardevolle bomen in Zwolle zich zullen gaan houden, naar mate het grondwaterpeil gaat stijgen.
Na behandeling van de deelvragen per hoofdstuk volgt een algehele conclusie. Hierin wordt de verkregen informatie gedurende het onderzoek nog eens duidelijk samengevat.

1.7 Publieksomschrijving

Dit onderzoeksrapport is in het kader van een afstudeeropdracht geschreven. Waarbij wordt in gegaan op de eisen van Van Hall Larenstein en de vragen die de opdrachtgever heeft aangegeven tijdens aanvang van het project. Het publiek zal bestaan uit vakdocenten en vakdeskundigen. Tevens wordt het verslag opgenomen in het archief van de mediatheek van Van Hall Larenstein te Velp. Hier zal het publiek bestaan uit studenten en overige belangstellenden.

2. Facts about Zwolle

Zwolle is een grote stad gelegen in de provincie Overijssel en heeft een open verbinding met het IJsselmeer. De binnenstad van Zwolle is buitendijks gebied. Deze open verbinding zorgt ervoor dat Zwolle een flessenhals vormt in dit gebied. Aan de hand van figuur 11 wordt dat verderop in het verslag duidelijk gemaakt. Voor we dieper in gaan op de uitwerking van de probleemstelling en deelvragen, eerst nog een aantal economische facts over de gemeente Zwolle anno 2010.

- 117.000 inwoners
- Regio 500.000 personen
- 83.000 arbeidsplaatsen
- Beroepsbevolking 60.000 personen
- 40.000 MBO & HBO studenten
- Het OV knooppunt van noord en noordoost Nederland
- Centrale ligging A28 die de stad van binnenuit veranderd, 120.000 auto's per dag
- Grootste niet academische ziekenhuis/ 6000 werknemers / van Nederland
- Sterkste stedelijke economie van Nederland, 10 jaar in top 10
- Scania's grootste fabriek; capaciteit 180 vrachtwagens per dag
- 533 Rijksmonumenten
- 320 Gemeentelijke monumenten

Zoals u boven kunt lezen is Zwolle een grote stad met hoge economische waarden en deze willen we vanzelfsprekend beschermen. In de watervisie (vastgesteld raad van Zwolle in april 2007) is de Zwolse waterdoelstelling 2020 als volgt geformuleerd:

'*Zwolle is beschermd tegen overstromingsgevaar en kent geen ernstige wateroverlast. De waterkwaliteit voldoet aan de doelstellingen die zijn afgesproken in de Europese Kaderrichtlijn water en is afgestemd op het gewenste gebruik van de mens, plant en dier. De ruimtelijke kwaliteit van water wordt goed benut '.*

Nu is er door de tweede Deltacommissie een plan op tafel gelegd om in te spelen op de verwachte toekomstige klimaatsveranderingen. De vraag is of de geformuleerde watervisie van april 2007 ook in de toekomst nog gerealiseerd kan worden.

3. Watersysteem beheersgebied waterschap Groot Salland.

Ligging

Het beheergebied van waterschap Groot Salland ligt in het westelijke deel van de provincie Overijssel. De oppervlakte van het beheergebied bedraagt circa 120.000 hectare, waarbinnen het waterschap meer dan 4000 kilometer watergangen beheert. In het beheergebied wonen ca. 360.000 inwoners. De gemeenten Dalfsen, Deventer, Kampen, Olst-Wijhe, Raalte, Staphorst, Zwarte Waterland en Zwolle liggen geheel of voor een groot deel binnen de grenzen van het waterschap. De gemeenten Hardenberg, Hellendoorn, Ommen en Rijssen-Holten liggen slechts voor een klein gedeelte in het gebied.

Bodemopbouw en landschap

In het Tertiair werden in de huidige provincie Overijssel, door de zee mariene sedimenten afgezet, die bestaan uit fijn zand en zeeklei. Deze mariene sedimenten vormen nu de basis van het huidige grondwatersysteem.
Het huidige landschap is gevormd door de erosie en afgezet sediment van water en wind en van landijs. Globaal is op basis van de geomorfologie en bodem een vijftal soorten landschapstypen en gebieden te onderscheiden.
De stuwwallen (de Overijsselse Heuvelrug) bestaan uit grindachtige en grofzandige afzettingen tot een hoogte van maximaal 70 m +NAP. Het merendeel is bebost, maar enkele grote heidevelden zijn bewaard gebleven. Er is geen open water aanwezig en het grondwater zit diep.

Het zwakhellende dekzandgebied (de oostelijke helft van het beheergebied) bestaat uit een aantal tamelijk vlakke dekzandplateaus en elkaar afwisselende, evenwijdig gelegen langgerekte dekzandruggen en laagten. Nabij de IJssel zijn deze dekzandgebieden later overdekt met kleiige rivierafzettingen. Het gebied bestaat voornamelijk uit grasland. Lokaal zijn er bos en enkele heiderestanten. In een aantal gebieden komen parkachtige landschappen voor met landgoederen en historische buitenplaatsen. De hoogte van het maaiveld loopt zwakhellend af van het zuidoosten naar het noordwesten.
Het rivierkleigebied (langs de IJssel en de Vecht) bestaat uit zandige oeverwallen, rivierduinen vlakbij de rivier en verder weg gelegen kleiige komgronden. Op de overgang van rivierklei naar het dekzandgebied zijn mengelgronden. Het cultuurlandschap bestaat uit akkerbouwgronden en grasland.

De bodem van het uitgestrekte, vlakke en open veenweidegebied (o.a. polder Mastenbroek, Rouveen) bestaat uit veen, dat naar het oosten toe dunner wordt en uitwigt tegen het dekzand. De vele smalle, langgerekte percelen worden gescheiden door sloten (Rouveen).
Het zeekleigebied (polders in het westelijke deel van het beheergebied, zoals Kamperveen) bestaat uit een vlak polderlandschap rond NAP, dat door aanslibbing uit de voormalige Zuiderzee en de aanleg van dijken is gevormd. Het vroeger aanwezige veen is door de voormalige Zuiderzee weggeslagen, zodat de bodem voornamelijk uit (soms zandige) klei bestaat. Landinwaarts is het veen bewaard gebleven en bedekt met een laag klei. In de veenweide- en de zeekleigebieden is er overwegend grasland.

Waterhuishouding

Het natuurlijke afwateringspatroon in het beheergebied van Groot Salland is hoofdzakelijk oost-west georiënteerd. Vrijwel alle waterlopen komen via de grote wateren (IJssel, Vecht/Zwarte Water) uit op de voormalige Zuiderzee, nu het IJsselmeer. De afvoer van het water vond vroeger waarschijnlijk diffuus plaats door relatief brede, zwak hellende moerassige laagten, waardoor het water langzaam wegstroomde. De huidige afwatering is geregeld door gegraven watergangen en grote weteringen. Tot in de Middeleeuwen vormden de oeverwallen langs de IJssel geen gesloten geheel en werd direct afgewaterd op de rivier. Door aanslibbing aanleg van rivierdijken werd een rechtstreekse afwatering op de IJssel onmogelijk. Met het graven van weteringen evenwijdig aan de rivier naar het noorden toe, kon het water uiteindelijk bij Zwolle op de Vecht/Zwarte Water worden geloosd. De kanalen zijn aangelegd voor de scheepvaart. Ze hebben ook een belangrijke functie voor de afwatering van sommige delen van Salland en de wateraanvoer in droge perioden. Sloten en greppels verzorgen de afwatering op perceelsniveau. Plaatselijk worden vennen, oude rivierarmen, kolken en zandwinplassen aangetroffen.

Aan de randen van de voormalige Zuiderzee was een laagveengebied aanwezig.
Dit laagveen is nu ingepolderd en ontgonnen. De verschillende stelsels van watergangen zijn een weerslag van de gebiedseigenschappen, de waterhuishouding en de historische ontwikkelingen (bijvoorbeeld de polders Mastenbroek en Rouveen). Plaatselijk komt een zeer dicht netwerk van watergangen voor (Rouveen). Door de lage ligging onder of rond NAP is afwatering moeilijk en is bemaling noodzakelijk. De polder de Koekoek is met een maaiveldhoogte van circa 2,5 m onder NAP het laagst gelegen deel van het beheergebied.
In droge perioden wordt water ingelaten vanuit de IJssel en de Vecht/Zwarte Water.

Het beheergebied van waterschap Groot Salland wordt door 200 kilometer primaire waterkeringen tegen rivierwater beschermd. Daarnaast heeft de provincie in de waterverordening waterkeringen langs regionale wateren aangewezen, met een lengte van 115 kilometer. Verder beheert het waterschap 200 kilometer overige keringen.

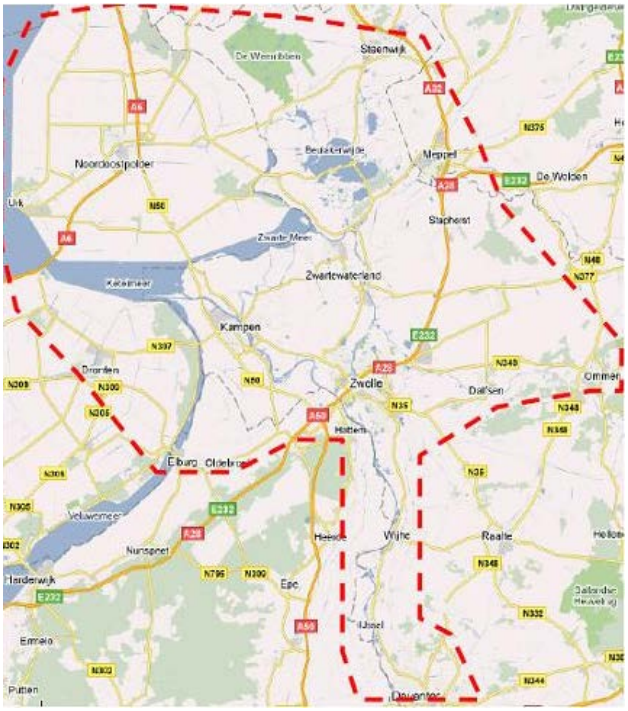
Bron: waterschap Groot-Salland.

De gemeente Zwolle geeft aan dat de waterhuishouding in de omgeving van Zwolle momenteel complex in elkaar steekt. Mogelijk biedt het proces van peilverhoging kansen om de waterhuishouding in het gebied te herstructureren, verduurzamen en te vereenvoudigen. Te denken valt bijvoorbeeld aan de aanleg van een gemaal op het Zwarte Water, net bovenstrooms van de monding van de Vecht. Het peil van de stadsgrachten en de afvoer van de Sallandse Weteringen zal dan beter beheerst kunnen worden. Gekeken is naar de locatie van Zwolle en de kunstwerken die hier aanwezig zijn.
Gemeente Zwolle geeft aan dat waterkeringen welke in open verbinding staan met het Zwarte Meer, Ketelmeer en IJsselmeer bij een peilverhoging niet meer voldoen. Het gaat hierbij om onder andere Zwarte Water, Vecht, Zwolle-IJsselkanaal, Stadsgracht, Almelose Kanaal en Sallandse Wetering.

4. Omvang gebied en verwachte stijging.

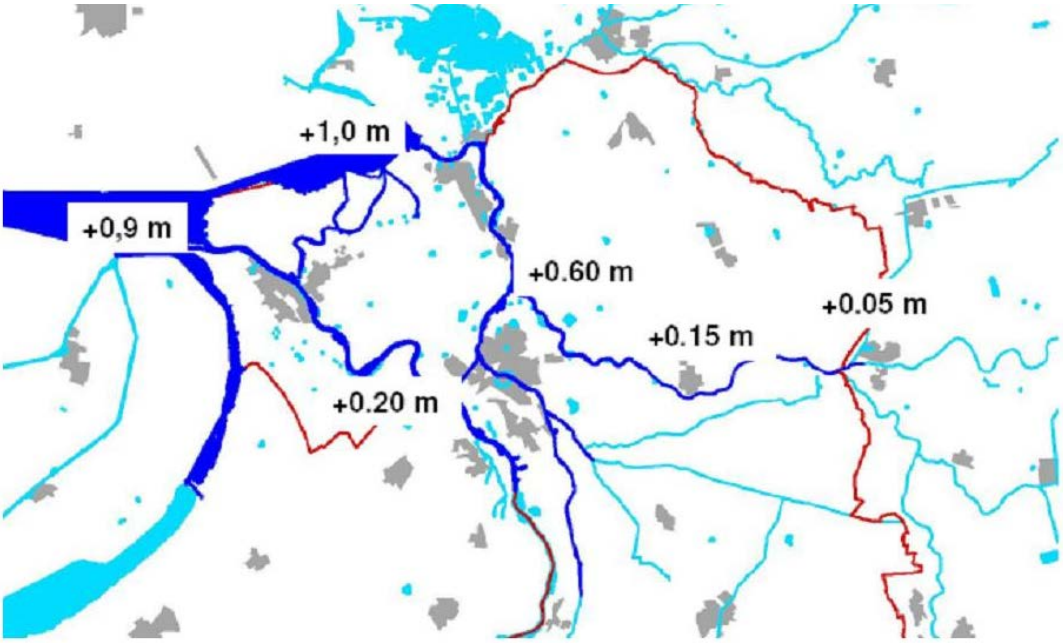
De waterschappen zijn verantwoordelijk voor het beheer voor het regionale watersysteem. Door een hoger waterpeil in de grote wateren (IJsselmeer, Zwarte Water/Meer, Ketelmeer, IJssel- en Vecht), kan het regionale watersysteem (inclusief rioleringsstelsel) mogelijk minder makkelijk lozen. Dat gestuwde water moet ergens heen of lokaal opgevangen worden. De primaire vraag is of het regionale watersysteem in de toekomst voldoende kan vasthouden, bergen en afvoeren.

Het gebied dat mogelijke invloed ondervind van een peilverhoging van 1.50 op het IJsselmeer is in naast gelegen figuur weergegeven. Duidelijk wordt hoe groot het gebied is. In dit gebied liggen twee grote steden: Zwolle en Kampen. Zwolle ligt verder land inwaarts waardoor de stijging minder doorwerkt dan bijvoorbeeld bij Kampen. Voor Kampen speelt de IJssel een grote rol. Deze loopt dwars door de stad heen. Bij Zwolle is het voornamelijk de Vecht die voor gevaar zorgt. De Vecht heeft een open verbinding met het Zwarte Meer. Tijdens hoge rivier afvoeren en een harde noordwesten wind bevindt Zwolle zich in een flessenhals gelegen tussen de IJssel en de Vecht.



Figuur 8. Onderzoeksgebied IJsselmeer
Bron:Rapport Voorverkenning lange termijn

Zoals in figuur 9 is te zien is de globaal te verwachten toename van de maatgevende hoogwaterstanden (verhoging IJsselmeerpeil 1,5 meter) tot ver in het achterland merkbaar. Ook is goed zichtbaar dat de Vecht in open verbinding staat met het IJsselmeer.
De maatgevende hoogwaterstanden zijn hier dan ook hoger dan in het IJssel traject.

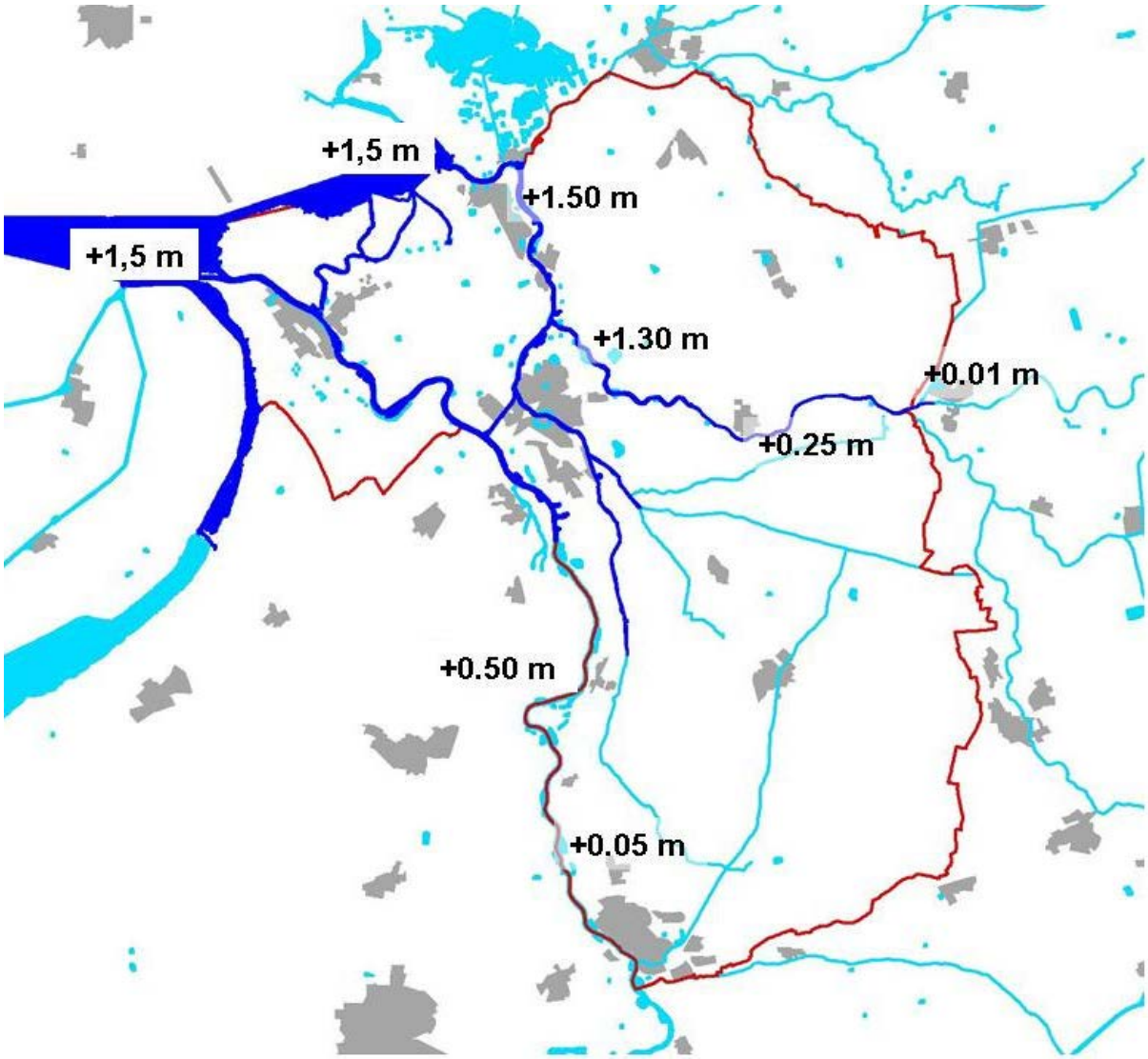


Figuur 9. Globaal te verwachten toename van de maatgevende hoogwaterstanden (verhoging IJsselmeerpeil 1,5 meter) Bron: Rapport- Voorverkenning lange termijn

Bij een peilverhoging zullen kunstwerken en keringen anders functioneren.
Bijvoorbeeld Balgstuw Ramspol sluit bij peil NAP +0,5 meter en instroming vanaf het Ketelmeer (kering Zwolle sluit bij NAP +1,0 meter). Bij Ramspol is volgens figuur 9 een peilstijging van ca. 1 meter mogelijk. Dit betekent dat de stuw volgens het huidige regime vaker wordt gesloten. Afvoer van regenwater van de Vecht/Zwarte Water en Sallandse weteringen kunnen dan voor problemen zorgen. Gevolg is dat het achterliggende land langzaam volloopt. De effecten zullen merkbaar zijn tot in Ommen.
Het verloop van de stijging landinwaarts is in figuur 10 weergegeven. Het betreft een globaal te verwachten toename van het oppervlaktewaterpeil onder normale hydrologische omstandigheden (verhoging IJsselmeerpeil 1,5 meter). Zoals al eerder beschreven is goed zichtbaar dat het effect op Kampen groter is dan in Zwolle. Maar met een oppervlaktewaterpeil stijging van + 1.30 m rondom Zwolle is het gevaar niet geweken. Sterker nog veel problemen zullen er zich voor doen.

Gemeente Zwolle geeft aan dat waterkeringen welke in open verbinding staan met het Zwarte Meer, Ketelmeer en IJsselmeer bij een peilverhoging niet meer voldoen. Het gaat hierbij om onder andere Zwarte Water, Vecht, Zwolle-IJsselkanaal, Stadsgracht, Almelose Kanaal en Sallandse Wetering. Dit heeft consequenties voor overstromingsrisico's voor het gehele grondgebied van de gemeente Zwolle, zowel landelijk als stedelijk. De gemeente verwacht dat het waterschap zich buigt over de vraag of de huidige keringen nog voldoen. Hiernaast kunnen we ons de vraag stellen of we de huidige veiligheidsnorm blijven hanteren.
Het is dus van belang dat de kunstwerken en keringen getoetst en desnoods versterkt worden. Moeten zij worden gehandhaafd en aangepast, of geheel worden vervangen?
(Bron: Rijkswaterstaat et.al, 2010)

In onderstaand figuur 10 is een schatting gemaakt. Uitgaande van een peilstijging van 1.50m op het IJsselmeer. Bij Zwolle zou dit betekenen dat de vecht daar stijgt met +1.30m



Figuur 10. verwachte peilstijging in de waterlopen
Bron: Rapport- Voorverkenning lange termijn

5. In hoeverre is Zwolle geschematiseerd in het MIPWA model.

Algemene informatie MIPWA.

MIPWA staat voor: Methodiekontwikkeling voor Interactieve Planvorming ten behoeve van Waterbeheer.

In opdracht van een groot aantal waterpartners in Noord-Nederland (drinkwaterbedrijven, provincies, waterschappen, gemeenten en DLG) is het MIPWA project uitgevoerd. Het doel van dit project was de ontwikkeling van een gedetailleerd, regionaal modelinstrumentarium ter ondersteuning van de vaststelling van GGOR (Gewenst Grond- en Oppervlaktewaterregime). Het instrumentarium moet eenvoudig en interactief gebruikt kunnen worden en voldoende draagvlak hebben om toepassing in een beleidsomgeving mogelijk te maken.

Het MIPWA project is uitgevoerd in samenwerking tussen vier partijen: TNO, Alterra, Royal Haskoning en Tauw. Zij bundelden hun model- en gebiedskennis.
Het MIPWA instrumentarium bestaat uit:

- de grondwatermodel-referentiedatabase,
- de Impuls-Respons database (IR) en
- de interactieve toepassingsomgeving *iMOD*.

Het instrumentarium is een breed gedragen, gemeenschappelijk product. Tijdens het project is veel aandacht besteed aan de aansluiting van het project bij de wensen van de opdrachtgevers. In het begin is een actoren- en krachtenveldanalyse uitgevoerd, gedurende het project zijn er diverse workshops georganiseerd en afsluitend is er een beleidsanalyse uitgevoerd. In de workshops werden keuzes met betrekking tot het instrumentarium in gezamenlijkheid gemaakt.

Alle basisinformatie van het MIPWA grondwatermodel is bijeengebracht in een grondwatermodel referentiedatabase. De referentiedatabase heeft een hoge resolutie (25x25 m) en bedekt de beheersgebieden van de opdrachtgevers ruim (145x167 km). De referentiedatabase is een afspiegeling van de kennis die de opdrachtgevers en opdrachtnemers op dit moment gezamenlijk hebben met betrekking tot het grondwatersysteem. In aanvulling hierop is het grondwatermodel verder verbeterd aan de hand van ruim 8000 locaties met gemeten grondwaterstanden en stijghoogten d.m.v. stationaire en niet-stationaire ijking.
Het resultaat hiervan is dat van de 8000 meetlocaties:

• 25% een afwijking tussen gemeten en gemodelleerde stand van minder dan 12 cm heeft;
• 50% een afwijking tussen gemeten en gemodelleerde stand van minder dan 23 cm heeft;
• 75% een afwijking tussen gemeten en gemodelleerde stand van minder dan 44 cm heeft.

Voor wat betreft de dynamiek (verschil tussen GHG en GLG) kent het MIPWA model soortgelijke statistieken voor de 8000 meetlocaties:

• 25% heeft een afwijking tussen gemeten en gemodelleerde dynamiek < 8 cm;
• 50% heeft een afwijking tussen gemeten en gemodelleerde dynamiek < 18 cm;
• 75% heeft een afwijking tussen gemeten en gemodelleerde dynamiek < 32 cm.

Het model is na de calibratie getoetst op onafhankelijke GHG en GLG metingen en gemeten afvoeren. Het resultaat: de huidige versie van het MIPWA grondwatermodel, versie 1.0, is gezamenlijk door opdrachtgevers en opdrachtnemers goedgekeurd als maximaal haalbare op basis van tijd, geld en beschikbare kennis. Er zijn gebieden waar het model minder goed presteert dan in andere gebieden. Hieraan zal in toekomstige versies verder aandacht besteed worden. Dit geldt dus ook voor Zwolle.
Het MIPWA instrumentarium biedt door de combinatie van de referentiedatabase, *iMOD* en de IR-database een krachtige interactieve omgeving om technische grondwaterkennis op een eenvoudige en efficiënte manier aan beleidsmakers aan te bieden. Het instrumentarium is bij uitstek geschikt voor het vaststellen van de actuele en gewenste grondwatersituatie (AGOR en GGOR) en het geeft een beeld van de mogelijke maatregelen om van AGOR naar GGOR te komen. Het toepassen van MIPWA voor andere, niet-GGOR toepassingen is getest met behulp van drie pilots. Uit deze pilots kwam naar voren dat de data en de instrumenten van MIPWA breder inzetbaar zijn dan alleen GGOR.
(Bron: Judith Snepvangers,Wilbert Berendrecht et al, 2007)

In het rapport 'Bemalingsplan Oude Mars te Zwolle' (Bron: Tauw, 3 juli 2009) is onderzoek gedaan naar het waterbezwaar met het modelinstrumentarium MIPWA. De doorlatendheid van het watervoerend pakket (modellaag 1 tot en met 6 in MIPWA) is op basis van de grondwaterkaart vastgesteld op 2800 m^2/dag. Elke modellaag heeft een kD-waarde van 400 m^2/dag toegekend gekregen. De hoge mate van doorlatendheid gaf dermate hoge debieten, 400 tot 800 m3/uur, dat deze niet realistisch geacht werden. De gemeten waarden in de omgeving liggen aanmerkelijk lager. Om meer inzicht te krijgen in de doorlatendheid is een pompproef in het plangebied gedaan. Daarvoor is gebruik gemaakt van een bestaande pompput bij boerderij de Oude Mars. Deze pompput is tien meter diep en heeft een diameter van 80 mm. De put is op verschillende wijzen beproefd. Door er gedurende enkele uren water uit te onttrekken tot een constante daling van de waterstand bereikt is, door er water in te pompen en vervolgens de daalsnelheid te meten en als laatste door de stijgsnelheid na pompen te meten. Met een datalogger is de grondwaterstand elke twee seconden gemeten.

Deze gedetailleerde meetgegevens zijn voor de verschillende situaties gebruikt om de doorlatendheid van de bodem te berekenen. Die blijkt voor de eerste 10 meter vanaf maaiveld rond de 8 m/d te liggen. De KD van de eerste tien meter minus maaiveld is daarom aangepast naar 100 m2/d, een ruime schatting. Uit bovenstaande tekst blijk dat de gemiddelde KD-waarde zoals in het MIPWA model is opgenomen te hoog is ingeschat. Een nacalculatie van de C en KD waarden binnen het stedelijk gebied zijn dan ook wenselijk. Het probleem is vaak dat in het stedelijkgebied de waterstanden kunstmatig laag worden gehouden. Hierdoor ontstaan problemen zoals hierboven genoemd. MIPWA werkt met gridcellen van 25 bij 25 meter. Waar per grid een bepaald aantal peilbuizen in voorkomen.
Dit is voor het stedelijk gebied van Zwolle niet altijd het geval. Voor een correcte weergave van het stedelijk gebied in het MIPWA model is verdiepend onderzoek van de ondergrond en waterstanden een vereiste.

5.1 Modellering ondergrond Zwolle in MIPWA.

In de ondergrond van Zwolle bevinden zich een aantal complexe situaties. Deze complexe situatie zorgt ervoor dat watervoerende pakketten worden gestagneerd door verticaal staande kleischotten. Deze verticaal staande kleischotten zijn ontstaan in de ijstijd. In deze periode (het Saaliën) heeft het stuwende landijs ervoor gezorgd dat horizontaal liggende kleilagen in stukken werden gebroken en verticaal in de ondergrond achterbleven. Deze bodemopbouw zorgt voor een complexere situatie wat een modelbeschrijving (zoals in MIPWA) bemoeilijkt. Het onderzoeksgebied waar deze situatie zich voordoet bevindt zich ter hoogte van het Noordereiland. De gegevens omtrent de stuwende lagen is d.m.v. literatuurstudie uit het rapport Saneringsplan grondwater Gasfabriek te Zwolle gehaald. In dit onderzoeksgebied zijn drie watervoerende lagen aanwezig: het freatische pakket, het eerste en tweede watervoerende pakket. Uit onderzoek blijkt dat het eerste watervoerende pakket zich uitstrekt tot een diepte van 95m –mv. Dit komt overeen met het beeld van de regionale bodem opbouw. De grondwaterstanden in het freatisch pakket vertonen een seizoensgebonden variatie waarbij een GHG van NAP +0,3m en een GLG van NAP-0,1m is vastgesteld. In het eerste watervoerende pakket liggen de stijghoogten tussen de NAP -0,3m en de NAP -0,1m. Bij deze situatie geldt een lichte infiltratie druk. Deze complexe situatie kan niet voor de volle honderd procent worden weergegeven in een model.

De ondergrond bevat veel informatie. Zoals de stromingsduur van water door de lagen. Dit hangt af van de samenstelling van de bodem. Stagnatie in de bodem kan voor vertragingen zorgen. Voor een peilverhoging op het IJsselmeer is het juist belangrijk om de ondergrond goed te bestuderen. Door de ondergrond te analyseren en de C- en KD waarden van de bodem samen met andere gegevens in te voeren kun je d.m.v. Mazure[1] een richtlijn geven hoeveel en waar de grondwaterstand gaat stijgen. In de bijlage (nummer 6&7) zijn twee kaarten opgenomen. Het betreft twee schermafdrukken van de ondergrond in Zwolle zoals ze zijn gemodelleerd in MIPWA. Bij elke afbeelding is een tabel gemodelleerd. Deze tabel geeft de C-waarde aan in de verschillende lagen. Voor de berekeningen in Mazure ga ik uit van laag 1 tot de eerst volgende stagnerende laag. Dit is te zien aan het oplopen van de C-waarde (in dit geval tot en met laag 6). Gekozen heb ik voor twee locaties. Locatie 1 bevindt zich in Stadshagen(poldergebied). Een poldergebied waar de grondwaterstand hoog staat en in het stedelijk gebied komt veel infiltratieriolering in de ondergrond voor. De tweede locatie is de binnenstad van Zwolle. Het kan gezien worden als het ‘zenuwcentrum’ van de stad. Een stadsdeel met hoge historische waarde waar we zuinig op moeten zijn. In de bijlagen zijn tabellen en grafieken opgenomen die vervaardigd zijn met de formule van Mazure. De tabellen worden weergegeven aan de hand van de verschillende peilvarianten en een wisselende drainage afstand. Normaal wordt hiervoor de afstand tussen de watergangen gebruikt. Helaas werkt dit niet voor het stedelijk gebied. Na onderzoek en interviews bij zowel de gemeente als waterschap Groot Salland zijn twee waarden naar voren gekomen. De eerste drainage afstand waarmee wordt gewerkt is 70 m. Dit is afgeleid van de kavels in Zwolle die ongeveer 30 m breed zijn. De gemeente zegt dat als drainage afstand mag worden gebruikt: twee x 30 meter plus 10 meter van de wegen.
Samen is dit een geschatte drainageafstand van 70 m.

[1] Mazure publiceerde een oplossing voor grondwaterstroming tussen twee polders met een deklaag en watervoerende sloten als gevolg van een verschil in oppervlaktewaterpeil tussen beide polders. Deze vergelijking staat bekend als de "formule van Mazure".(Bron:grondwaterformules.nl)

Hydroloog G. Tromp. van waterschap Groot Salland adviseerde mij een drainageafstand van 250 m te hanteren. Zo kan duidelijk worden gemaakt of de KD waarde daadwerkelijk invloed ondervindt van de stijging van de grondwaterstand, bij twee verschillende drainage afstanden 70 m en 250 m. Met de C-waarden van de gebieden Stadshagen,Schelle en Zwolle centrum. In totaal komen er een aantal berekeningen uit. Deze berekeningen worden gekoppeld aan GIS. Van de 1.50m peilvariant is 0.20m afgehaald t.o.v. het IJsselmeer. Dit is, omdat Zwolle hoger ligt dan het NAP niveau van het IJsselmeer (zie figuur 10).

Uit paragraaf 3.1 blijkt dat MIPWA niet te gebruiken is om goede berekeningen van de ondergrond te maken. Om toch een beeld te schetsen van de interactie tussen grondwater en oppervlaktewater is er gekozen voor een ‘quick scan’ methode. Deze methode wordt toegepast in §4. De ‘quick scan’ methode is met Univieuw gemaakt en geeft d.m.v. grafieken weer hoe de grondwaterstand in Zwolle reageert op bijvoorbeeld veel neerslag (zie figuur 4).

6. Mazure

Met behulp van Mazure is de grondwaterstandstijging weergegeven, bij een opgezet oppervlaktewaterpeil. Van de uitkomsten zijn grafieken en tabellen vervaardigd. Deze waarden zijn gebruikt om in GIS een nieuwe GLG –Kaart te vervaardigen. De uitkomsten zijn gebaseerd op schattingen en dienen alleen als richtlijn te worden gebruikt. Naar schatting 1,50m peilstijging op het IJsselmeer geeft een 1.30 m stijging op de Vecht bij Zwolle. Dit is een verschil van 0.20m ten opzichte van het IJsselmeer en wordt veroorzaakt door het verschil in NAP. Aan de hand van deze waarden is Mazure ingevuld. De oude binnenstad van Zwolle is op een zandkop gelegen, deze is van nature al wat hoger. Dit is goed zichtbaar op de AHN/MVH/NAP GIS-kaart in de bijlagen. Voor Zwolle is Mazure in drie verschillende gebieden doorberekend(binnenstad, Schelle & Stadshagen). Dit resulteert in drie verschillende Kd-waarden. De drainagefactor is in deze situatie moeilijk te bepalen. Daarom is in overleg gekozen voor 70m en 250m. In §3.1 is uitgelegd hoe deze waarden tot stand zijn gekomen. De grafieken van Mazure geven een kleine indicatie weer van de verwachte stijging rondom Zwolle. Nader onderzoek is gewenst, omdat bij deze berekening uit gegaan is van één waterstandstijging. Er lopen namelijk meerdere watergangen door Zwolle die elk een stijging zullen vertonen in het oppervlaktewater. Uit deze grafieken zijn geen grote verschillen waarneembaar. Het valt op dat de grondwaterstand na ongeveer twee kilometer afstand geen effect meer heeft van de stijging. Niet alle grafieken zijn opgenomen in het verslag, maar zijn verwerkt in de Gis analyse voor het vervaardigen van een nieuwe GLG-Kaart.

6.1 Maken van nieuwe GLG in GIS

Belangrijk is om de nieuwe waterstand na verhoging van het IJsselmeerpeil te bepalen. Gekozen is om te werken met de GLG. Deze waterstand is namelijk van belang bij het vernattingproces van waardevolle bomen(hierover meer in § 8). De GLG-kaart uit Mipwa is gebruikt als basiskaart. Hier overheen zijn de watergangen van de gemeente Zwolle gelegd. Deze watergangen zijn vervolgens zo aangepast dat GIS van elk eindpunt een knikpunt maakt. Daarnaast is Zwolle in drie delen verdeeld. Van elk deel is de Kd waarde opgezocht. Deze waarden zijn vervolgens in Mazure ingevoerd. In de paragraaf hierboven is uitgelegd hoe deze waarden tot stand zijn gekomen. De verschillende waarden zijn ingevoerd in GIS. Hierbij is gebruik gemaakt van de schatte stijging in de Vecht. Deze is in het lange termijn peilbeheer op 1.30 gesteld.

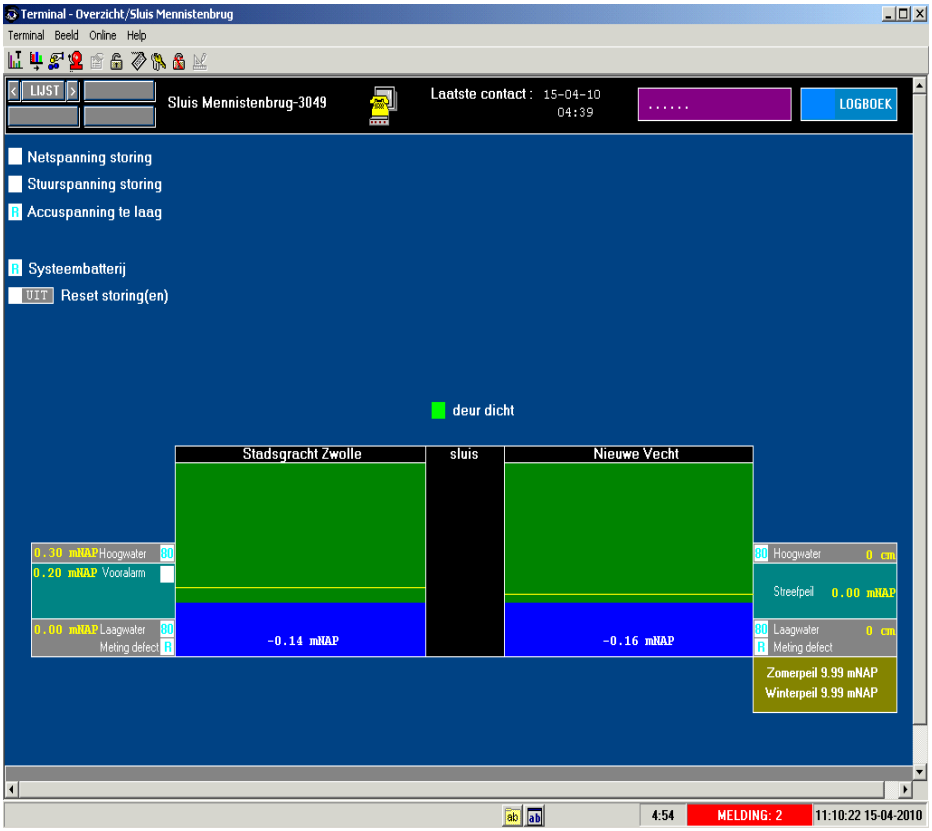
Doormiddel van de knikpunten en het toevoegen van extra punten in GIS, kon er gebiedsdekkend worden geïnterpoleerd. Met behulp van het lange termijn rapport en de aangenomen schatting van het verloop in stijging is een verloop van de stijging in Zwolle berekend. Zwolle is volgens deze stappen in drie stijgingspatronen te verdelen namelijk : 130, 125 en 120. Met deze waarden is ook Mazure opgebouwd. Uit de tabellen verkregen door mazure is een bepaalde afstand (500 m) genomen. De bijbehorende stijging is overgenomen in GIS. Met behulp van de maesure tool zijn elke 500 m extra punten toegevoegd op de kaart. Hieraan is de stijging gekoppeld zoals weegegeven in de Mazure tabel op 500 m. Vervolgens is deze stijging gebiedsdekkend gekoppeld met de huidige GLG. Hieruit is een nieuwe GLG-kaart ontstaan met de waarden zoals ze worden geschat na een peil verhoging van 1.50m op het IJsselmeer. De nieuwe GLG kan worden gebruikt bij het beantwoorden van de overige deelvragen. Het geeft een indicatie of de rioleringstelsels zullen blijven functioneren en of de waardevolle bomen een dergelijke waterstandstijging kunnen overleven. Het maken van deze nieuwe GLG koste meer tijd dan in eerste instantie verwacht. Hierdoor is voornamelijk de deelvraag Waardevolle bomen uitgewerkt met deze uitkomsten.

6.2 Hoe verloopt de interactie van het grondwater op het oppervlaktewater.

Uit paragraaf 3.1 blijkt dat MIPWA niet goed te gebruiken is om berekeningen van de ondergrond te maken. De oppervlakte waterstanden van Zwolle zijn met behulp van het programma Uniview geëxporteerd naar Excel. Uniview meet elke uur de waterstanden bij gemalen, stuwen en meetlocaties.

De grafieken zijn vervaardigd met gegevens uit Uniview en Dino-loket. De gegevens van Uniview worden elk uur gerapporteerd en DINO-loket twee keer per maand. Meestal is dit op de 14e en de 28e .

Helaas is Dino-loket niet altijd even goed bijgehouden. Zo willen de jaren per peilbuis nog wel eens verschillen of zelfs ontbreken. Bij Uniview kan dit ook het geval zijn. Meestal missen hier een paar uur of dagen van, waardoor er d.m.v. een schatting toch mee gerekend kan worden. Beide gegevens worden in een grafiek gezet. De grafiek wordt zo vervaardigd dat omzetting van de gegevens niet nodig is. Dit, omdat er een verschil is tussen de meetwaarden, uurwaarden en maandwaarden.



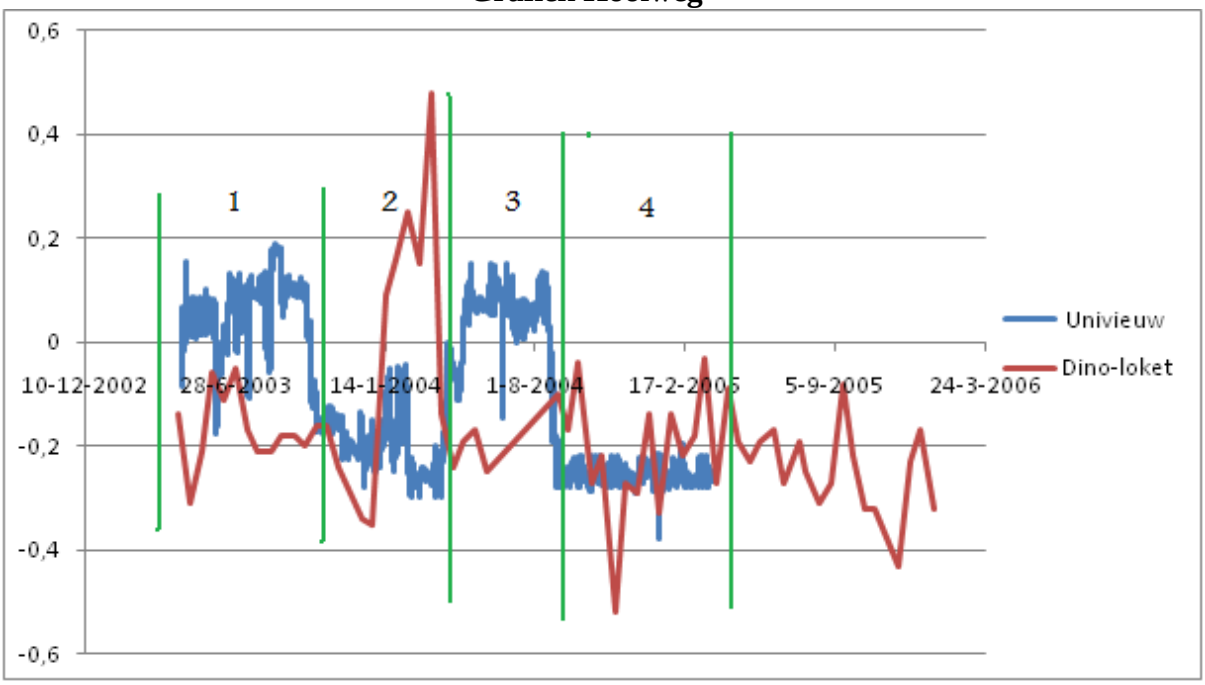
Figuur 3.Voorbeeld van het Uniview programma Bron: Uniview waterschap Groot Salland.

Gekeken is naar de locatie Zwolle en de kunstwerken die hier aanwezig zijn. Zo is er een selectie gemaakt van zes kunstwerken. Het betreft hier gemalen en stuwen. Het Katerveer, Westerveld Zwartewater, de stadsgracht/Nieuwe Vecht, stuw Hooiweg, Gemaal de Herfte en de keersluis te Zwolle. Van elk kunstwerk wordt de data verzameld met Uniview. Daarna wordt in DINO-loket van de nabij gelegen peilbuis gegevens opgevraagd. Deze gegevens zijn in Excel verwerkt tot werkbare gegevens. Daarbij zijn de waarden van DINO-loket omgezet in meters, omdat dit de eenheid is waarmee Uniview werkt. De grafieken geven een beeld van de interactie tussen oppervlaktewater en grondwater weer.

Uit onderstaande grafieken is af te leiden hoe het grondwater reageert op het omliggende oppervlaktewater. Aan de hand van reacties die het grondwater ondergaat kan worden na gegaan hoe het omliggende gebied zal reageren op een eventuele peilstijging van 1,50m op het IJsselmeer.

Gestreefd is om een zo evenredig mogelijke verdeling te verkrijgen van de peilgegevens. De grafiek Hooiweg (figuur 4) is in overleg met mijn begeleider van de gemeente Zwolle verder uitgediept. Dit houdt in dat de patronen die zichtbaar zijn in de grafiek zijn uitgelicht en apart zijn verwerkt. Zo komt de relatie van oppervlaktewater en grondwater beter tot zijn recht. Een voorbeeld van deze grafiek staat hieronder weergegeven.

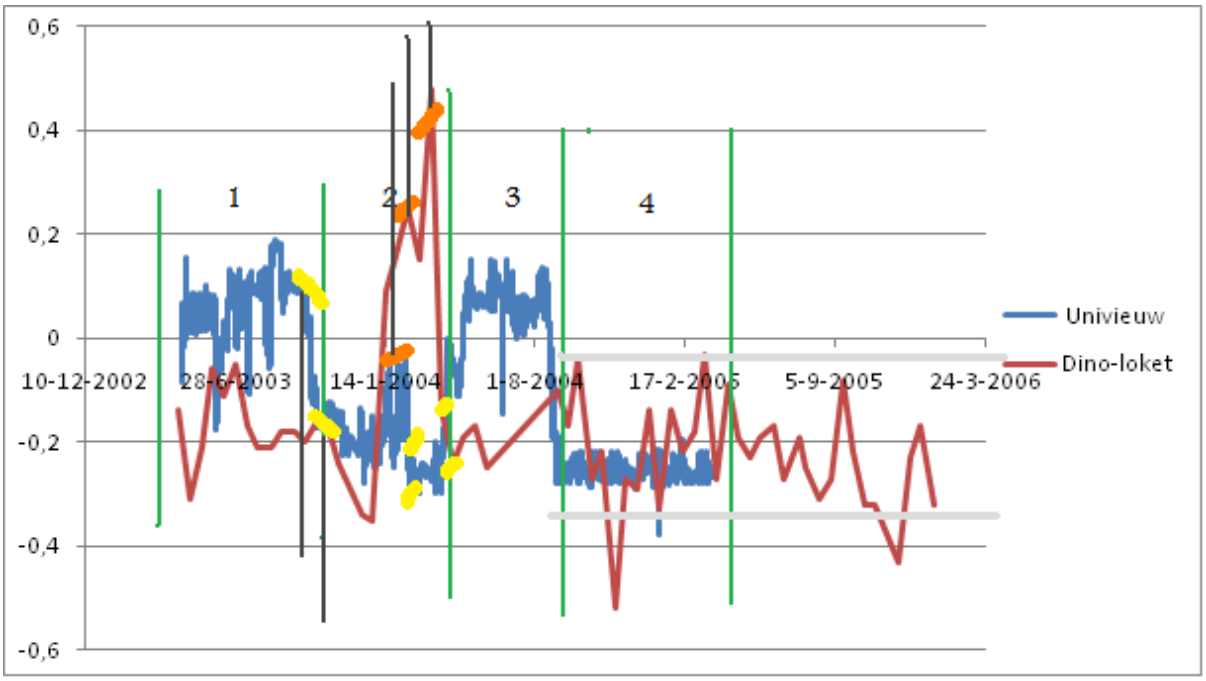
Grafiek Hooiweg



Figuur 4. Grafiek Hooiweg

In bovenstaande grafiek zijn duidelijk de peil verschillen waar te nemen in het oppervlaktewater. Hier worden de grondwaterstanden van de omgeving overheen gelegd. De groene lijnen geven aan op welke delen van de grafiek is ingezoomd. Een van de grafieken waar dieper op de data is ingezoomd staat op de volgende pagina vermeld en is getiteld Grafiek Hooiweg 2. De twee is gerelateerd aan de twee vermeld in bovenstaande grafiek. Om een duidelijker beeld te schetsen van de reacties is bovenstaande grafiek bewerkt.

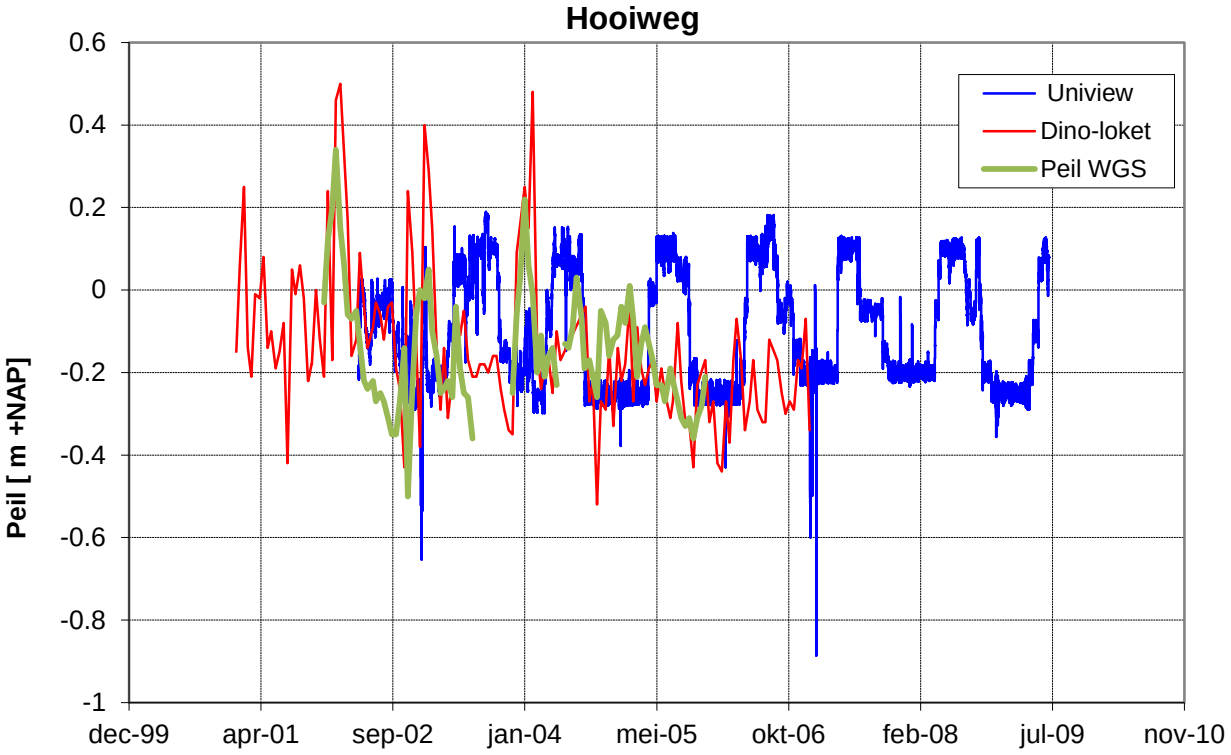
Grafiek Hooiweg



Figuur 5. Bewerkte grafiek Hooiweg

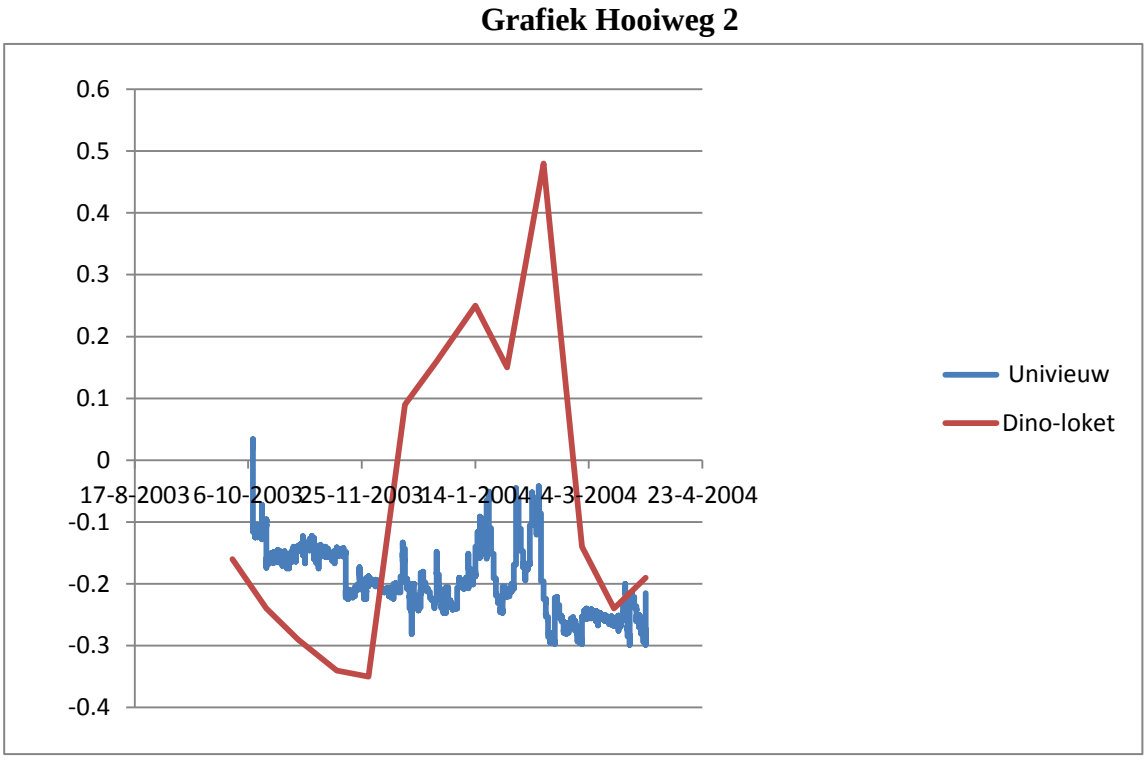
In bovenstaande grafiek worden de oppervlaktewaterstanden en grondwaterstanden nogmaals getoond. Alleen is de grafiek ditmaal bewerkt. Ditmaal is er getracht weer te geven hoe de reacties van waterstandsverschillen op elkaar doorwerken. De eerste gele vlek geeft een piek weer in het oppervlaktewater en enige tijd later volgt het grondwater.
De oranje streepjes geven een stijging weer in het oppervlaktewater en dit resulteert na korte tijd in een stijging van de grondwaterstand. Aan het eind van de grafiek zijn de oppervlaktewaterstanden vrij constant (deze is weergegeven tussen de licht grijze lijn). Als we deze constante lijn vergelijken met de grondwaterstanden dan valt het op dat de grondwaterstand ook vrij constant blijft. Uit bovenstaande gegevens kan worden geconcludeerd dat het grondwater op korte tijd reageert op een verhoging van het oppervlaktewaterpeil.

Op de neerslag grafiek (bijlage nr. 17) is de totale neerslag per dag te zien. De waarden zijn gemeten bij een RWZI in Zwolle. Aan de hand van deze data kan men de peil grafieken vergelijken. Zo is te herleiden wat de invloed van neerslag is op peil en grondwaterstijging. Duidelijk is te zien wanneer de zomer en winterpeilen worden ingezet en hoe de grondwaterstand hier op reageert. Door deze vrij snelle reactie van het grondwater kan worden concludeert dat de grondwaterstand van de gemeente Zwolle een peilstijging van het oppervlaktewater redelijk snel volgt. Een snelle reactie van de grondwaterstand kan het bemalen bemoeilijken.



Figuur 6.Hooiweg grafiek met WGS gegevens

In bovenstaande grafiek zijn de waarden nogmaals getoond. Ditmaal zijn de meetgegevens van waterschap Groot Salland toegevoegd. Er is een duidelijke overeenkomst tussen de waarden van Dino-loket en WGS. De kleine verschillen die zichtbaar zijn, kunnen te maken hebben met verschil van locatie en diepte. De gekozen buizen zijn wel vergelijkbaar met elkaar. De buizen liggen niet al te ver uit elkaar. Wel is het zo, dat een kleine storende laag tussen de peilbuizen al kan zorgen voor kleine verschillen in meetwaarden.



Figuur 7.Grafiek Hooiweg: periode van 8-10-2003 tot 26-03-2004.

Er kan worden verondersteld dat het grondwater vrij snel reageert op een verandering van het peil in de oppervlaktewaterstanden. Een piek in de Univiewlijn (oppervlaktewater) (figuur 5, 6 & 7) resulteert in korte tijd in een piek van het grondwater. (Zie uitleg grafiek Hooiweg). Een snelle reactie van het grondwater kan er voor zorgen dat het grondwaterniveau overal snel stijgt in de wijde omtrek van een watergang. In hoe ver de invloed op het grondwater door werkt wordt d.m.v. Mazure weergegeven. De snelle reactie van de grondwaterstand kan te maken hebben met de ligging van de stad Zwolle op een zandkop.

7. Wat zijn de gevolgen voor de bestaande riolering.

Wanneer het waterpeil stijgt dan heeft dit rechtstreekse gevolgen voor de veiligheid van bewoners in het buitendijkse gebied. Is het na verhoging uit veiligheidsoogpunt verantwoord om permanente bewoning toe te staan? Kunnen bij een overstroming of zeer hoog water de bewoners nog geëvacueerd worden, of moet planvorming aangepast worden? Of wordt beroep gedaan op het verantwoordelijkheidsgevoel en zelfredzaamheid van de burgers? Sinds de voltooiing van de keersluis in 2005 ligt Zwolle formeel niet meer buitendijks. De stadsgrachten in de binnenstad van de gemeente Zwolle staan wel in open verbinding met het IJsselmeer. Bovendien is de stad gelegen binnen regionale keringen van de Sallandse Weteringen en op natuurlijke verhoging. Een hoger peil van de stadsgracht geeft een hoger risico op het onderlopen van de binnenstad. Door afvoer van de Sallandse Weteringen richting het Zwarte Water zal de keersluis namelijk niet gesloten worden. Stelling van de gemeente Zwolle: “Door een hoger IJsselmeerpeil komen maximale waterstanden van vóór de Afsluitdijk weer in beeld”. De hoogst gemeten waterstand na 1932 in de stadgracht is NAP +1,53 meter (1998). Delen van de binnenstad dreigden toen onder te lopen. Voor 1932 liepen regelmatig delen van de binnenstad onder water waarbij waterstanden van ca. NAP +2,70 meter werden bereikt, bijvoorbeeld in januari 1916 (zie figuur 11)



Figuur 11. Binnenstad van Zwolle onder water in januari 1916, Bron: Archief gemeente Zwolle

7.1 Riolering

In de gemeente Zwolle liggen verschillende soorten riolering. Na overleg en literatuur studie is overwogen om alleen de infiltratie rioleringen en overstorten te onder zoeken. De reden hiervan is dat deze stelsels absoluut voor problemen gaan zorgen als de grondwaterstand te hoog komt te staan. Natuurlijk is het ook van belang om het huidige systeem te controleren op lekken. De DWA kan poreuze plekken bevatten waardoor de riolering infiltrerend werkt. Dat is op dit moment al te onderzoeken Het onderzoeken van dit probleem wordt gedaan d.m.v. het DWAAS onderzoek. Dit staat voor Droog Weer Afvoer Analyse Systematiek. Het werkt als volgt: Naast hemelwater en DWA kan er oppervlaktewater, grondwater, bronneringswater etc. via de riolering naar de RWZI worden gevoerd in substantiële hoeveelheden. Hierdoor wordt de RWZI nadelig beïnvloed en de kosten die worden veroorzaakt door rioolvreemd water lopen voor heel Nederland op tot enkele honderden miljoenen Euro's. Naast afkoppelen van hemelwater verdient rioolvreemd water een volwaardige plek in de afweging van mogelijke maatregelen. In de meeste gevallen is met eenvoudige maatregelen een snelle verbetering en kostenbesparing haalbaar. De keuze voor de beste maatregelen moet steeds op basis van een analyse van het afvalwatersysteem worden gemaakt. Zonder aandacht voor rioolvreemd water is deze analyse niet goed mogelijk.

7.2 Waarom is het DWAAS onderzoek belangrijk.

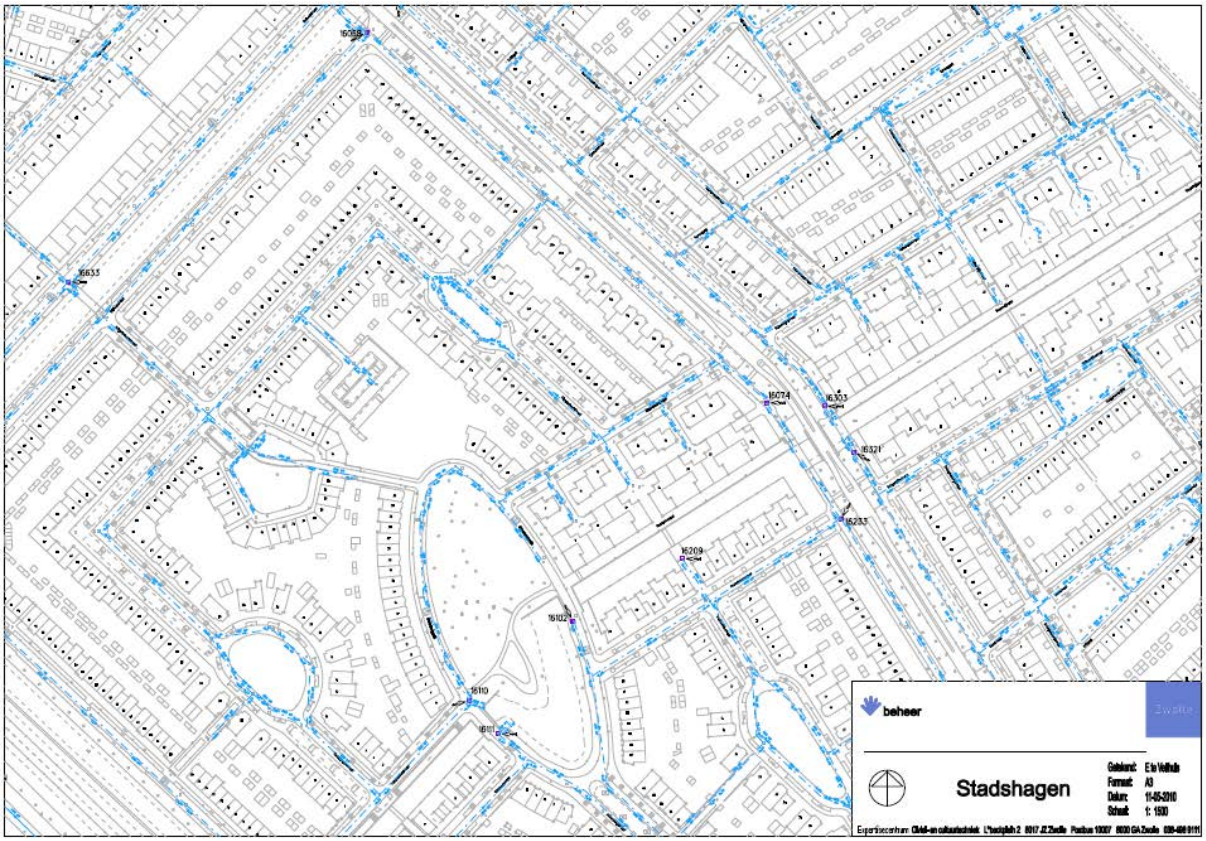
Aan de hand van de resultaten van het DWAAS onderzoek kan worden geconstateerd dat het systeem van Zwolle wel of geen gebreken vertoont. Mocht het percentage rioolvreemd water boven de norm liggen dan is dat een reden om het riool te inspecteren op gebreken. Deze gebreken in het rioolstelsel kunnen namelijk bij een verhoging van de grondwaterstand meer rioolvreemd water infiltreren. Dit rioolvreemd water is in principe schoon. Doordat het mee wordt gevoerd naar de RWZI heeft deze een hogere belasting en dus hogere kosten.
(Bron: Stowa, 2005)

Sinds een aantal jaren vormt het klimaat een van de belangrijkste aandachtspunten.
Want ons klimaat is duidelijk aan het veranderen en dat merken wij o.a. door de regenval van de laatste jaren. De intensiteit van een regenbui is in een kort tijdsbestek behoorlijk toegenomen en daartussen zijn er steeds vaker drogere perioden. Doordat de intensiteit van de regenbui is toegenomen, zie je steeds vaker "water op straat". Onze rioolstelsels zijn niet berekend op een toestroom van water in korte tijd. Het verharde oppervlak blijft ook fors toenemen bij woningen, fabrieken, bedrijven en wegen. Daarbij komt dat er water aan het grondwater wordt onttrokken, waardoor dit peil omlaag gaat en er verdroging kan ontstaan. Om dit op te lossen zou het regenwater weer in het grondwater terug moeten vloeien en niet worden afgevoerd naar een RWZI.

Daar komt bij dat het vrijwel schoonwater is en daarom niet noodzakelijk om te reinigen. Om hier een oplossing voor te vinden wordt het regenwater direct de grond ingebracht in plaats van naar de RWZI af te voeren. Hier valt te denken aan het afkoppelen van regenwaterafvoer en direct laten infiltreren in de grond. Hiervoor is een speciale buis ontwikkeld. Deze buis vangt het regenwater van wegen, daken enzovoort op en laat het langzaam in de grond infiltreren, zodat het grondwater op niveau kan blijven of weer op niveau kan worden gebracht.

In Zwolle zijn de stelsels van het infiltratieriool onregelmatig verdeeld over de stad. Er zijn hier en daar gebieden die vrij veel infiltratie rioleringen bevatten. De reden hiervan is dat het thema nog niet zo lang aan de orde is. De oudere wijken bevatten over het algemeen nog gemengde rioolstelsels. De nieuwere wijken zoals Stadshagen zijn afgekoppeld. Dit houdt in dat het vuilwatersysteem los staat van het regenwatersysteem. In deze wijken heeft het regenwater de mogelijkheid om terug te vloeien naar het grondwater. Nu is dat een belangrijk punt. Het infiltratieriool kan alleen werken mits de buis voldoende hoog boven het grondwater is geplaatst. Dat is natuurlijk logisch, want anders zou de buis vollopen en zijn functie verliezen. Om deze reden is het van belang dat de huidige stelsels worden vergeleken met het verwachte stijgen van het grondwater. Naar aanleiding van het peilverhogen op het IJsselmeer.

Veel infiltratieriolen in de gemeente Zwolle zijn net boven het grondwater gelegen. Het effect van infiltratie en buffer neemt bij hogere grondwaterstanden af, met als gevolg meer en vaker water op straat. Gebieden/wijken die nu onder vrij verval regenwater lozen zullen dit minder of helemaal niet meer kunnen doen. Gedetailleerde kaarten met het voorkomen van de meeste infiltratierioleringen zijn te vinden in de bijlagen. Hier zijn ook de overstorten op terug te vinden als vierkante blokjes met een paarse streep er door.



Figuur 12. Kaart van het infiltratieriool (blauw) Stadshagen Zwolle
Bron: E te Veldhuis, Gemeente Zwolle

Gezien de vrij snelle reactie tussen grondwater en oppervlaktepeil verhoging cq daling, kunnen we concluderen dat het infiltratie riool van de gemeente Zwolle in de problemen komt. Deze conclusie wordt door de volgende punten onderbouwd. De ligging van de infiltratie riolering ligt net boven het grondwaterniveau. De grondwaterstand zoals weergegeven in Dino loket[2] geeft een gemiddelde grondwaterstand weer van rond de -20 cm t.o.v. NAP. Een verwachte stijging van + 0,60m rond de Vecht bij Zwolle zorgt onherroepelijk voor een verhoging van de grondwaterstand. Waardoor vervolgens de infiltratie rioleringen zullen vollopen. De stijging is overigens wel een stijging van het oppervlaktewaterpeil. Uit berekeningen van Mazure zou moeten worden geconcludeerd hoe veel de grondwaterstand meestijgt. Als blijkt dat de grondwaterstand lineair meegaat met het oppervlaktewaterpeil. Dan zou dit betekenen dat het grondwater met 0,60 m stijgt rondom de Vecht. Als we de gegevens erbij pakken (figuur 9).Zien we dat rond de Vecht een stijging wordt verwacht van +0,60m en op grondgebied van Hattem aan de andere kant van de IJssel +0,20m. Met een kleine schatting kom je dan op een verwachte stijging van rond de 0,30 m van het oppervlaktewater in het stedelijk gebied.

Stadsgracht Zwolle
Huidige peil 26 mei 2010 betreft -0,15Mnap
Streefpeil is 0.00Mnap
Bij +0,20 m NAP treed vooralarm in
Bij +0,30 m NAP treed Hoogwater alarm in werking
Gemiddelde NAP hoogte rond melkmarkt (binnenstad betreft +3.9)

Figuur 13.Peilen en hoogtes melkmarkt (NAP)
Bron: Uniview & AHN Nederland

Uit bovenstaand tekstvak blijkt dat het streefpeil op de stadsgracht 0.00m NAP bedraagt. Als we hier de verwachte stijging voor het stedelijk gebied bij optellen komen we op een peil van + 0,30m NAP. Bij deze NAP stand treed het hoogwater alarm in werking. Dan laten we zelfs hoge piekafvoeren en opstuwing door wind achterwege. Toch moet dit worden meegenomen. Gezien de flessenhals positie van Zwolle is dit een belangrijke factor. Wel wordt hierdoor goed duidelijk dat er problemen zullen ontstaan als het peil wordt opgezet met 1.50 m op het IJsselmeer. Een van die problemen zal voor de infiltratieriolering zijn het verliezen van zijn functie. Verwacht wordt dat dit voor alle infiltratierioleringen geldt. Mazure berekeningen tonen aan dat een stijging gemeten vanaf een oppervlaktewater ongeveer 2000 m verder in de grondwaterstand doorwerkt. De stadsgrachten staan in open verbinding met de overige watergangen. Er kan dus worden geconcludeerd dat de stijging vanuit een watergang behoorlijk ver doorwerkt in de grondwaterstand. Om hierover betere conclusies te kunnen trekken is vervolg onderzoek nodig. Er valt dan te denken aan een Mazure bepaling vanuit meerdere watergangen in de gemeente Zwolle.

[2] Buis B21G0699 in Dino loket.

7.3 Infiltratieriool Stadshagen

Stadshagen is het stadsdeel van Zwolle dat vrij laag ligt. Het is een laag gelegen polder met veel water. Tijdens het bouwrijp maken van Stadshagen is er veel zand opgespoten om zo het maaiveld te verhogen. Nabij de Twistvlietbrug in Stadshagen is het maaiveld wat hoger dan de rest van de omgeving. Hier is het + 1.70 mv. Terwijl de overige delen van Stadshagen zo rond de + 0.70 mv liggen. Het IT riool ligt hier op een diepte van zo -0,40 tot -0,45 De hier genoemde waarden zijn gemiddelden. De GHG in dit gebied ligt rond de -0,50 tot -0,75 NAP. Het infiltratieriool ligt +/- tussen de 0,05 en 0,30 m boven de GHG. Uitgaande van een drainage afstand van 70m en een stijging in het oppervlaktewater van 1.30. geeft Mazure een stijging weer van 0,05m op een afstand van 1200 m vanaf het oppervlaktewater.
Een stijging van 0,30m vind plaats op een afstand van 500 m ten opzichte van de gemeten stijging van 1,30 in het oppervlaktewater. De gemiddelde afstand tussen het riool en de grondwaterstand bedraagt ongeveer 0,15m. De riolering in een straal van 800 meter zal gelijk liggen met de grondwaterstand en zo doende niet meer infiltreren. Bij een drainage afstand van 250m liggen deze waarden binnen een straal van 1500m. overigens gelden andere waarden rond de Twistvlietbrug, hier ligt de mv. hoogte rond de + 1.70 NAP.
In Stadshagen 2 ligt het maaiveld op +0.40 m NAP. Hier wordt waterdoorlatende bestrating toegepast. In de bijlagen is een kaart opgenomen van Stadshagen waarop de infiltratieriolering is te zien.

Overige delen van Zwolle

In het overige stedelijk gebied van Zwolle heersen andere waarden. De riolering in het overige stedelijke gebied van Zwolle ligt rond de 0.00 NAP. De GHG in de directe binnenstad lijkt wat hoger te liggen. De GHG zal hier als we het breed aanhouden tussen de + 5.00 NAP en de + 6.00 NAP liggen. Met zelfs hier en daar een uitschieter naar de + 9.00 en +11.00 NAP. Het maaiveld op de locatie Windesheim varieert van NAP 1,10 tot 1,50 m. Tot een diepte van circa NAP -0,5 m wordt een afdekkend pakket aangetroffen waarin lokaal kleilagen in voorkomen. Onder het afdekkend pakket wordt tot een goed doorlatend watervoerend pakket aangetroffen. De ondiepe grondwaterstand fluctueert tussen circa NAP 0,0 tot - 1,0 m. De diepe stijghoogte fluctueert van N.A.P. -0,0 tot -3,0 m. De diepe stijghoogte wordt sterk beïnvloed door de waterwinning Engelse Werk en de stand van de IJssel. Er sprake is van een infiltratiesituatie. De GHG van het overige stedelijke gebied zal fluctueren tussen de -0.50 NAP en de +0.50 NAP. Het IT-riool ligt in het stedelijk gebied maar enkele centimeters boven het grondwater. Als Mazure erbij wordt gepakt, dan zien we dat de stijging van 1.30 in de watergang, voor een stijging van 0.08m zorgt op 2100 m afstand vanaf de watergang.

Als we ervan uitgaan dat de infiltratieriolering 10 cm boven het grondwaterniveau ligt. Dan zou dit betekenen dat in een straal van 1900m (gemeten vanaf een watergang met stijging 1.30) alle IT-riolering buitenwerking komen te liggen. Een grote hoeveelheid IT-riool zou zijn functie gaan verliezen bij deze peilstijging. Deze berekening is uitgegaan van een drainage afstand van 250m. Als we dezelfde gegevens vergelijken bij een drainage afstand van 70 m. Dan zien we dat de grondwaterstand met 0,10m wordt verhoogd bij een afstand van ongeveer 1300m. Met andere woorden in een straal van 1300 m zal alle IT- riool dat 0,10m boven het grondwaterniveau ligt zijn functie verliezen. Duidelijk is te zien dat de drainage afstand goed moet worden uitgezocht, deze heeft namelijk veel invloed op de stijghoogte van het grondwaterniveau.

7.4 Overstorten

Het is van belang dat de overstorten onder de loep worden genomen. Een overstort heeft een drempelwaarde. Deze drempelwaarde moet voldoende hoog zijn anders zal de overstort water inlaten. Een peilverhoging van 1.50 M op het IJsselmeer resulteert erin dat de aaneengesloten watergangen ook een verhoging zullen ondervinden. In de gemeente Zwolle lozen overstorten (ongeveer 11) op de stadgracht en het Almelose kanaal. De drempelhoogte ligt tussen NAP +0,25 en +0,80 meter. Bij een hoger peil in de stadsgracht NAP +0,6 meter zal een aantal van deze overstorten in de normale situatie al niet meer functioneren. Zoals al eerder weergegeven wordt er bij een peil opzet van 1.50 op het IJsselmeer een verwachte stijging van 1.30 m op de vecht verwacht. In perioden van veel en langdurige regenval zal het peil nog hoger zijn, waardoor vrijwel alle overstorten niet meer zullen functioneren. Omdat er dan alleen gemaalcapaciteit beschikbaar is zal zware regenval direct leiden tot water op straat in de woonwijken en bedrijventerreinen. De frequentie en mate van overlast van water op straat nemen dus toe. Door gebrek aan tijd is er voor gekozen om de overstorten niet verder te behandelen. Het exacte aantal overstorten dat niet meer zal functioneren is dan ook niet verder uitgezocht. Dit wordt wel aanbevolen voor de toekomst.

De gemeente Zwolle geeft aan dat de waterhuishouding in de omgeving van Zwolle momenteel complex in elkaar steekt. Mogelijk biedt het proces van peilverhoging kansen om de waterhuishouding in het gebied te herstructureren, verduurzamen en te vereenvoudigen. Te denken valt bijvoorbeeld aan de aanleg van een gemaal op het Zwarte Water, net bovenstrooms van de monding van de Vecht. Het peil van de stadsgrachten en de afvoer van de Sallandse Weteringen zal dan beter beheerst kunnen worden. Uit het GIS onderzoek blijkt dat de grondwaterstand behoorlijk stijgt. Gemiddeld valt er te denken aan -0.40m –MV.

De oppervlakte waterpeilen worden voor Zwolle geschat op 1.30, 1.25 en het verst van het IJsselmeer verwijdert rond de 1.20 m. Deze stijging zal ervoor zorgen dat alle aanwezige overstorten in deze watergangen hun functie verliezen.
Doormiddel van gecontroleerd peilbeheer met behulp van gemalen, kan het niet functioneren van de overstorten worden beperkt. Alhoewel deze situatie zeer klein wordt verondersteld. Dit heeft te maken met de kleine marge tussen drempelwaarde en het huidige peil ten opzichte van de nieuw te verwachten peilstijging.

8. Waardevolle bomen

In Zwolle komen diverse boomsoorten voor o.a. de Quercus (Eik) en de Fagus sylvatica (Beuk). Dit hoofdstuk gaat over de waardevolle bomen die zich bevinden in de gemeente Zwolle. Het betreft hier zowel particuliere bomen als bomen van de gemeente. De verspreiding van de bomen is willekeurig. Het is mogelijk dat er waardevolle bomen staan in het stedelijk gebied van Zwolle, maar ook zijn er waardevolle bomen te vinden in parken en in het landelijk gebied. De historie van de bomen kan verschillen, maar is niet verder onderzocht. Dit is wel aan te bevelen, omdat de ondergrond beter in kaart kan worden gebracht. Tijdens literatuurstudie werd duidelijk, dat het erg belangrijk is om te weten hoe de bodem onder de bomen er uit ziet. Met andere woorden zijn de bomen op natuurlijke wijze daar gekomen of zijn ze aangeplant. Er kan worden verondersteld dat de bodem onder aangeplante bomen wat meer is geroerd. Wat hier dan zo belangrijk aan is staat verderop in dit hoofdstuk. Exacte locaties van de bomen zijn terug te vinden in de bijlagen. Hier van is een Gis-kaart in de bijlagen aanwezig.

Vaak is de natuurlijk aanwezige hoge grondwaterstand het meest optimaal voor de natuurwaarde. Voor de meeste boomsoorten ligt de optimale diepte voor de grondwaterstand veel dieper, zowel voor de vitaliteit als voor de groeisnelheid. De optimale diepte voor boomgroei is op de meeste bodemtypen ruim 1 meter (Gemiddelde Voorjaarsgrondwaterstand, GVG; Vroon, 2000). Dit betekent dat een ondiepe grondwaterstand negatief kan uitwerken voor de groei omdat het doorwortelde volume klein is.

Soms is na de verdroging (een periode waarin de grondwaterstand voor lange tijd laag is gehouden) een andere boomsoort aangeplant, die is gericht op de nieuwe, drogere, omstandigheden met een optimale grondwaterstand van ruim 1 meter voor goede groei (bijvoorbeeld voor een productiedoelstelling). Dan kunnen de gevolgen van vernatting zeer sterk zijn, omdat de soort de hoge grondwaterstanden na vernatting waarschijnlijk niet zal kunnen verdragen. Een boomsoort, die al lange tijd vóór de verdroging aanwezig was, kan in principe hoge grondwaterstanden goed verdragen. Bij vernatting zal het wortelstelsel zich wel moeten aanpassen aan de nieuwe situatie, omdat er inmiddels diepe wortels gevormd zijn. Dit kan problemen opleveren.



Figuur 14. Een te grote vernattingstap heeft onomkeerbare gevolgen voor de bomen.

Omdat vernatting grote gevolgen kan hebben, zowel voor een nieuwe als een oude boomsoort op die plek, is er veel vraag naar informatie waarmee de risico's beter ingeschat kunnen worden. In gebieden met grondwaterstandverhogingen doet zich dus de vraag voor hoe de aanwezige bomen daarop zullen reageren.
Er zijn voorbeelden waar plotselinge grondwaterstandverhogingen hebben geleid tot lokale bossterfte (boswachterij Gees, landgoed Schoonheten). In andere gevallen is er een algemene vitaliteit achteruitgang van de bomen in het bos. Soms is er een interactie met aantastingen (o.a. eikenprachtkever; zie Oosterbaan et al. 2001).

Zoals al eerder beschreven is het effect van peilstijging op de grondwaterstand een belangrijke factor. Ondermeer met de grafieken verkregen bij deelvraag twee wordt het effect van oppervlaktewater op de omliggende grondwaterstanden weergegeven. Tevens zijn analyses uitgevoerd met de formule van Mazure. Deze analyses zijn gebaseerd op de c waarde volgens het MIPWA instrumentarium(zie ook § 4.1). Met de c- waarden is een formule van Mazure ingevuld. De uitkomst is een weergave van de stijging in het grondwater en in hoeverre deze doorwerkt. De waterstandstijging is gebaseerd op 3 verschillende c- waarden. Deze waarden liggen verspreid over Zwolle.

In het verleden gingen mensen veelal bouwen op de hoger gelegen gronden. Hier was minder kans op overstromingen en hebben deze gronden vaak voldoende draagkracht om op te bouwen. De hoog gelegen zandkoppen werden al gauw bewoond. Dit is ook het geval bij Zwolle. Zwolle centrum (hiermee wordt bedoeld de oude binnenstad gelegen binnen de grachten) ligt op zo'n zandkop. We kunnen dus veronderstellen (zonder veld of literatuur onderzoek te hebben gedaan) dat oppervlaktewater hier snel zal reageren op het grondwater. Uitgaande van een ondergrond die volledig bestaat uit zand. Helaas werkt dit niet altijd in de praktijk. Na literatuurstudie te hebben verricht bleek al gauw dat in delen van de ondergrond verticaal staande kleischotten aanwezig zijn. Deze zorgen voor een stagnatie van het water in de ondergrond.

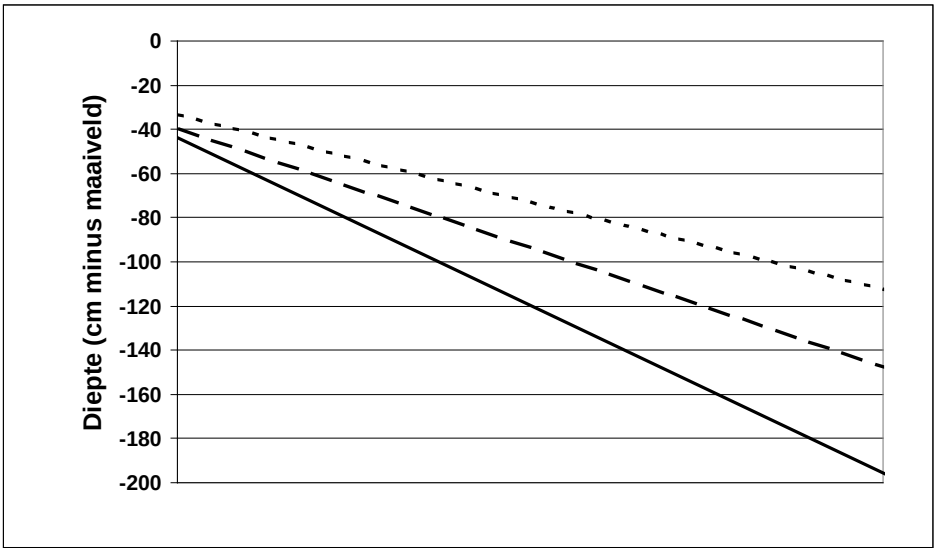
Uiteindelijk gaat het er om hoeveel het grondwater bij Zwolle zal stijgen bij een peilverhoging van 1.50 m op het IJsselmeer en in hoeverre de bomen in het gebied hier last van krijgen. Om de reactie van de grondwaterstand op de bomen in kaart te kunnen brengen zijn in het rapport: Effecten van vernatting in bossen, (Olsthoorn et al, 2003) een aantal deelvragen naar voren gekomen. Deze deelvragen zijn ook van grootbelang voor het beantwoorden van deelvraag vier van dit onderzoeksrapport.

De vragen luiden als volgt:

1. Wat zijn de effecten van vernatting op de beworteling, de groei en de vitaliteit van bossen/bomen en wat is hierbij de invloed van de bodemomstandigheden?

2. Hoe snel kan de grondwaterstand omhoog worden gebracht zonder negatieve effecten voor de groei van de bomen te veroorzaken.

Om deze vragen te kunnen beantwoorden is een handig hulpmiddel ontwikkeld.
De tabel hieronder geeft antwoord op een aantal vragen. Hoe het werkt en wat er nog meer bij komt kijken is hieronder verder uitgewerkt.



Figuur 15. Toelaatbare stijging Toelaatbare stijging van de GLG voor bomen die tolerant zijn (bovenste lijn) en gevoelig zijn (middelste lijn) voor vernatting. De onderste lijn geeft de diepte van de GLG weer. De toelaatbare stijgingbij een bepaalde diepte van de GLG is het hoogteverschil tussen de onderste lijn en de stippellijn (voor de tolerante soorten) of de onderbroken lijn (voor de gevoelige soorten). Bron: Kopinga, 2009

Betekenis van figuur 15 van de GLG voor bomen die tolerant zijn (bovenste lijn) en gevoelig zijn (middelste lijn) voor vernatting. (Bron: Kopinga, 2009). De onderste lijn geeft de diepte van de huidige GLG weer. De toelaatbare stijging bij een bepaalde diepte van de GLG is het hoogteverschil tussen de onderste lijn en de stippellijn (voor de tolerante soorten) of de onderbroken lijn (voor de gevoelige soorten). De grafiek geeft een illustratie van de trend dat hoe dieper de oorspronkelijke GLG zit des te meer kun je per stap verhogen. Daarnaast geeft het aan dat e.e.a. boomsoortafhankelijk is. Overigens speelt daar ook een leeftijdsaspect mee, maar de mate waarin is nog onzeker, (de literatuur is hierover soms tegenstrijdig). Deze grafiek is zeer geschikt voor Zwolle, omdat hij zeer bruikbaar is voor het stedelijk gebied (waar GHG en GVG minder relevant, c.q. moeilijk aan te geven zijn). De waterstanden worden hier meestal kunstmatig omlaag gehouden en waar tevens wordt uitgegaan van een min of meer homogene verdeling van de beworteling in het totale doorwortelde pakket. Hier wordt het grootste vernattingseffect dus vooral bepaald door de verhoging van de GLG. Ervan uitgaande dat de bomen hier op termijn tegen kunnen (mede i.v.m. secundaire effecten die de veiligheid c.q. stabiliteit beïnvloeden) zou het groeiverlies dan kunnen worden afgemeten aan het verlies van het doorwortelbare ruimte. In de bijlagen is een GIS-kaart weergegeven waarop de GLG t.o.v. mv. is weergegeven.

De terughoudendheid die wordt voorgesteld in het rapport *(Bron: Kopinga, 2009)* t.a.v. het gebruik van de grafiek is de kennis dat in het doelgebied de beworteling niet homogeen verdeeld is. De oorzaak hiervan zijn aanwezige leemlagen, die op hun beurt ook weer bepalend zijn voor de ontwatering en de snelheid waarmee de winter en zomersituatie zich instellen (de GVG). Voor Zwolle is het de stagnatie d.m.v. verticaal staande kleischotten die zich in bepaalde plekken in de ondergrond voordoen. Deze bodemopbouw is niet voor 100% goed weergegeven in de bodemkaart van Zwolle. De uitkomsten met betrekking tot de waterstandstijging zullen daarom ook niet precies zijn. Voor betere conclusies omtrent de GLG stijging en het effect van 1.50 m waterstandstijging is diepgaander onderzoek van de bodem een must.

In het rapport (Effecten van vernatting in bossen *Conclusies en aanbevelingen voor praktijk en beleid*) zijn een aantal proefvelden aangelegd. Op deze proefvelden is onderzocht hoe de wortels van de bomen reageren op grondwaterfluctuaties. Het onderzoek is aan de bijlagen toegevoegd en is direct afkomstig uit het rapport Olsthoorn en Kopinga et al, EC-LNV nr. 2003/173 O, 31 p.

Conclusies van het onderzoek :

- De groei van bomen is sterk afhankelijk van de beschikbare wortelruimte. Dieper grondwater geeft een snellere groei zolang de optimum diepte voor grondwater nog niet is bereikt. Dit geldt voor vrijwel alle situaties die in het proefveld aanwezig zijn (8 boomsoorten en 4 grondsoorten).

- De vernatting gaf geen wortelsterfte op grote schaal. Áls wortelsterfte optrad was dit wel in overeenstemming met het beeld in de veldlocaties met oudere bomen (beuk als direct reagerende gevoelige soort).

- Na de grondwaterstijging in 1997 nam de groei snel af tot het niveau dat paste bij de nieuw ingestelde grondwaterdiepte. De groei heeft zich dus snel aangepast aan de nieuwe wortelruimte.

Voor Zwolle kan in eerste instantie goed gebruik worden gemaakt van de grafiek waarin de toelaatbare stijging van de GLG wordt beschreven. De ecologen van de gemeente Zwolle zijn in het bezit van alle data omtrent de waardevolle bomen van Zwolle. Belangrijk is dat er wordt gekeken om welke boomsoorten het gaat en hoe de vitaliteit en leeftijd op dit moment is. Uit de proefvelden zoals hierboven genoemd blijkt dat jonge bomen het best kunnen tegen een waterstandverandering. Maar ook bij jonge bomen moet dit ten aller tijden gefaseerd worden toegepast. Erg belangrijk is om ook rekening te houden met de secundaire effecten. Bomen die deze verandering van waterstanden ondergaan zijn gevoeliger voor insecten en ziektes. Dit resulteert in een verslechterende situatie van de boom.

Er is een groot verschil tussen de boomsoorten en de reactie op vernatting:

- Beuk en Douglas (en waarschijnlijk andere snelgroeiende naaldboomsoorten) vertonen een snelle reactie: ze gaan wel of niet dood. Als bijvoorbeeld beuk overleeft is er, zelfs bij grote tijdelijke vitaliteitschade, herstel van het ondergrondse/bovengrondse evenwicht. Het bovenste deel van de kroon sterft af, maar daaronder vormt zich een nieuwe vitale kroon.

- Eik vertoont in aanvang vaak weinig reactie, overleeft soms in lagere delen dan beuk. Er treedt wel een verzwakking op, waardoor secundaire invloeden zoals insecten een kans krijgen. De eikenprachtkever blijkt dan een groot risico (zie ook Oosterbaan et al. 2001).

- Omdat bij de vernatting in de boslocaties vaak ook dikke wortels op een diepte tussen 0 en 40 cm zijn afgestorven, zal het risico van windworp op termijn van enige jaren toenemen doordat hoofdwortels verrotten. De mate van vernatting bepaalt dan hoe groot dit risico is. Het is zonder nader onderzoek moeilijk dit risico te kwantificeren.

Om het risico van schade aan de bomen van tevoren in te kunnen schatten, is het daarnaast absoluut noodzakelijk om te weten of de bodem vergraven is. Dit is eenvoudig vast te stellen met een aantal bodemboringen met een gewone edelmanboor. Bij de boringen wordt gelet op de aantrekkelijkheid van het bodemmilieu voor beworteling. Bij een diep aantrekkelijk wortelmilieu, bijv. door vergraving, moet een vernatting met veel meer voorzichtigheid worden aangepakt. Vervolgens kan bekeken worden welke doelen haalbaar zijn in die specifieke situatie. Ook moet de leeftijd van de (voornaamste) bomen in het gebied bekend zijn, voor het inschatten van hun gevoeligheid voor vernatting.

8.1 Voor welke boomsoorten zijn de risico's het grootst en wat is het effect van toenemende leeftijd?

Er zijn verschillen in gevoeligheid voor vernatting tussen boomsoorten (o.a. Gill,1970). Als deze gegevens worden gecombineerd met andere bronnen (met name Kopinga & Olsthoorn, in voorbereiding) kunnen deze verschillen in gevoeligheid globaal in kaart worden gebracht. Daarbij moet worden bedacht dat de inschatting is gebaseerd op "expert judgement" en dus voorzichtig geïnterpreteerd moet worden. Kopinga & Olsthoorn geven als tolerantieklassen voor vernatting deze volgorde (bij bomen vanaf 50 jaar): Hoog tolerant zijn: wilg, populier, els;

Redelijk tolerant is: es; Matig tolerant zijn linde, iep, paardenkastanje en Weinig tolerant zijn: beuk en eik. Op basis van het wortelonderzoek (Douglas) en de overige observaties in de onderzoekslocaties (berk, lariks) moeten Douglas en lariks in de klasse Gering tolerant worden geplaatst en berk in de klasse Matig tolerant. Kopinga & Olsthoorn geven ook het effect van leeftijd aan: voor de meeste boomsoorten zijn de risico's het grootst als de bomen ouder zijn dan 50 jaar (waarbij de landschappelijke en juridisch/financiële waarde juist sterk toeneemt). Zie voor de maximaal toelaatbare stijging van de GLG (=gemiddeld laagste grondwaterstand) per grondwatertrap en per boomsoortengroep bijlage zeven.

Er zijn verschillen in de termijn waarop de boomsoorten reageren. Eik lijkt in eerste instantie hogere grondwaterniveaus aan te kunnen dan beuk. In Roden bleek echter duidelijk dat op termijn aantastingen door secundaire insecten de eik alsnog een fatale slag kunnen toebrengen (eikenprachtkever) die waarschijnlijk met de vernatting te maken heeft. Zie ook Oosterbaan et al. (2001). Overigens kan de eikenprachtkever ook reageren op de condities in natte jaren zonder dat de grondwaterstand door mensen is aangepast, dus een natuurlijke 'vernatting', wanneer die lang genoeg aanhoudt, zoals in 1993 en 1998 (mond. meded. Remesal, 2002). Nadat de eik in de eerste jaren na de vernatting niet negatief leek te reageren, trad toch nog grootscheepse sterfte op. Bij enige beuken in het lage deel waren eerder grote delen van de bovenkant van de kroon geheel dood gegaan (de bovenste 5 meter of meer), maar daaronder heeft zich een nieuwe vitale kroon gevormd. Omdat beuk minder secundaire plaaginsecten heeft, kan hij herstellen van een tegenslag in de vitaliteit, indien er voldoende overblijft van de ondergrondse en bovengrondse boom (resp. wortels in de bodem en takken in de kroon). Moraal (2002) signaleert recent een nieuwe kever bij beuk, de beukenprachtkever. Deze wordt meer geassocieerd met schade bij droogte, dus wellicht vallen de risico's voor uitbreiding van deze soort bij vernatting mee.

8.2 Wat is het effect van de diepte van de beworteling van de aanwezige boomsoorten?

De diepste wortels hebben meer kans op afsterven bij vernatting. Losse pakking en hoog gehalte aan organische stof beneden de 40 cm diepte vormt een aantrekkelijk wortelmilieu op grote diepte en dit zal zorgen voor onnatuurlijke wortelprofielen (veel wortels dieper dan 40 cm). De boomsoorten die aanwezig waren vóór de vernatting zullen dan een grotere amplitude hebben in vitaliteit en groei, ook na aanpassing aan de hernieuwde hoge niveaus van de grondwaterstand. Droge jaren leiden namelijk tot meer naar beneden groeiende wortels, die in natte jaren op grotere schaal afsterven dan voor de verdroging. In ongestoorde bodem zou wellicht zelfs bij de verdroging geen diepe beworteling zijn opgetreden. Dan is verdroging veel makkelijker terug te draaien en zal vernatting vaak minder grote gevolgen hebben.

8.3 Bij welke stapgrootte van een vernatting zijn de risico's acceptabel?

Uit het onderzoek kan geen waterdicht recept worden gegeven voor de stapgrootte bij een vernatting waarmee risico's van (ongepland) afsterven geheel afwezig zijn. Er zijn voorbeelden van wat niet mogelijk is. In de lagere delen in Roden, Gees en Leende zijn bomen afgestorven. Ook hierbij was de vergravenheid van de bodem een belangrijke storingsbron. De uitgangsdiepten van zowel zomer- als wintergrondwaterstand hebben uiteraard ook invloed op de beperking van de wortelruimte bij vernatting. Als er sprake is van hangwaterprofielen (na de verdroging), kan soms een flinke eerste stap gemaakt worden bij de verhoging van de grondwaterstand. Ook dan zal goed gelet moeten worden op de diepte van de doorworteling. Als er veel diepe wortels aanwezig zijn, bijvoorbeeld na diepspitten, is schade aan de bomen te verwachten (veel wortels zullen dan uitvallen door verdrinking). Natte jaren vlak na een vernattingstap kunnen toch onverwachte schade opleveren.

8.3.1 Beleid/praktijk: Hoe snel opeenvolgend kunnen stappen worden gezet in de verhoging van de grondwaterstand?

Het advies is om in meerdere, kleine, stappen te vernatten. Deze stappen moeten voldoende ver uit elkaar liggen, omdat elk jaar verschillend is in neerslaghoeveelheid en neerslagverdeling. Het is mogelijk dat er een aantal droge jaren volgt na een vernattingingreep. Daardoor zal het effect van de maatregel in eerste instantie vrij gering zijn. Als daarna een nieuwe vernattingstap wordt gezet en er treedt juist dan een nat jaar op, zal het voor de bomen lijken of er ineens één grote stap wordt gezet. Met mogelijk veel vervelende gevolgen. Het advies is dus om een lange periode tussen de maatregelen aan te houden, liefst 10 jaar. In de tussentijd kan de vitaliteit (en eventueel de groei) gevolgd worden.

8.3.2 Beleid/praktijk: Hoe kunnen de effecten van vernatting worden gevolgd via monitoring van de vitaliteit?

Vernattingschade aan de wortels leidt uiteindelijk tot een soort verdrogingsschade in de kroon. Omdat de wortels dood zijn, stopt de wateropname op een gegeven moment en kan óf de gehele boom doodgaan óf alleen het bovenste deel van de kroon. Problemen in het wortelstelsel kan men relatief snel zien aan de vitaliteit van de twijgen in de kroon. Additioneel aan de parameters van het vitaliteitsonderzoek (o.a. Reuver, 1998) is het dus verstandig om het percentage dode twijgen in het bovenste deel van de kroon vast te stellen in grove categorieën: <1%; 1 – 15%; 15 –85%; 85 – 99%; en >99% dode twijgen in de bovenkant van de kroon (als ‘waterindicator’).

Het blijkt dat bij problemen in het wortelprofiel al snel knoppen boven in de kroon afsterven. Als er problemen zijn om water op te nemen treden in de hoogste delen van de kroon het eerst problemen op, waardoor knoppen en twijgen kunnen verdrogen. Bij opvolgende jaarlijkse vitaliteitopnamen in een vernattingsproject in het Vragenderveen bij Winterswijk (De Waal et al., 1999 en Kemmers et al., in voorbereiding) blijkt dat bomen snel het stadium van rond de 10% dode twijgen doorlopen naar rond de 90% of meer dode twijgen. Daarom kan de middelste klasse van de waterindicator zo groot gehouden worden, een nauwkeuriger indeling is niet nodig. Omdat bij vernattingsprojecten al regelmatig gebleken is dat er achteraf discussie is over de precieze oorzaken als zich onvoorziene vitaliteitsproblemen voordoen, verdient het aanbeveling om een aantal kleine proefvlakken van verschillende boomsoorten te volgen in vitaliteit. Hierbij kan de vitaliteit het beste worden gevolgd
in lage delen van het terrein en het handigste bij de meest gevoelige boomsoorten die je wil behouden. Er kan dan bijvoorbeeld een accent gelegd worden op inheemse boomsoorten. Eventueel kan van hogere delen in het terrein worden aangegeven in hoeverre deze beter scoren dan de lagere delen. De inrichting van de monitoring hangt uiteraard ook af van schaalgrootte van de vernatte delen van het bos en de financiële mogelijkheden.

8.3.3 Praktijk: Hoe kan vernatting flexibel worden ingezet?

Door het grote effect van jaren die bovengemiddeld nat zijn, is het goed om als het ware met de hand aan de kraan te kunnen vernatten. De laatste jaren zijn relatief nat geweest, mogelijk als gevolg van klimaatsveranderingen. Als er veel neerslag valt aan het begin of het einde van het groeiseizoen, kan daarop hopelijk worden ingespeeld door extra water uit het gebied weg te laten lopen. Het is van groot belang dat het water niet meer op het maaiveld staat als de wortels actief worden, rond begin april.
Om niet teveel water weg te laten stromen, is er bij voorkeur een zeer oppervlakkig sloten- of greppelstelsel (bijvoorbeeld max. 50 cm diep). Deze voeren 's zomers in elk geval geen water af en zouden moeten stoppen met waterafvoeren in de loop van maart. Als er duikers onder wegen aanwezig zijn in het gebied is te overwegen om "hoekverbindingen" te gebruiken, aan te sluiten op duikers ('knieën'). In omhoog gerichte stand houden ze het water vast en als het te nat is in het voorjaar of najaar kunnen ze horizontaal worden gedraaid om snel water af te tappen uit het gebied. In het Mensingebos is met deze methode gewerkt. Aftappen van teveel water blijkt niet vaak nodig te zijn, zeker als de knieën op een strategische hoogte zijn afgesteld (in Mensingebos 20 cm beneden maaiveld, ter plaatse van de duikers). Deze maatregelen gaan enigszins ten koste van de maximale waterberging in het gebied, maar bij meervoudige functievervulling zal dit de risico's voor bomen
belangrijk verkleinen.

8.3.4 Beleid/praktijk: Is totaal herstel van de oorspronkelijke situatie mogelijk na vernatting tot de oorspronkelijke grondwaterstand?

Als herstel van de grondwaterstand over een voldoende groot gebied kan worden ingezet, zodat met name de zomergrondwaterstand stijgt, is de grondwaterstand zelf hersteld. Dit is ten eerste niet altijd makkelijk te realiseren en kan bovendien niet altijd een garantie zijn voor volledig herstel van het ecosysteem. De aanwezige bodems kunnen namelijk op verschillende manieren behoorlijk veranderd zijn na verdroging: door oxidatie van organische stof na verdroging, maar ook door effecten van verzuring en vermesting (zie voor de kans op van herstel tot de oorspronkelijke natuurkwaliteit ook Hendriks et al., 2001). Uit het huidige onderzoek blijkt dat totaal herstel ook niet mogelijk is als de bodem diep vergraven is. Dit blijkt uit de veranderde bewortelingsprofielen. Dit is niet te herstellen; meer dan 70 jaar na het spitten blijken stukken bovengrond op 80 cm diepte nog vrijwel even veel organische stof te bevatten als in de dertiger jaren van de vorige eeuw.

8.4 Beleid/praktijk: Hoe sterk neemt het windworprisico voor bomen toe na vernatting?

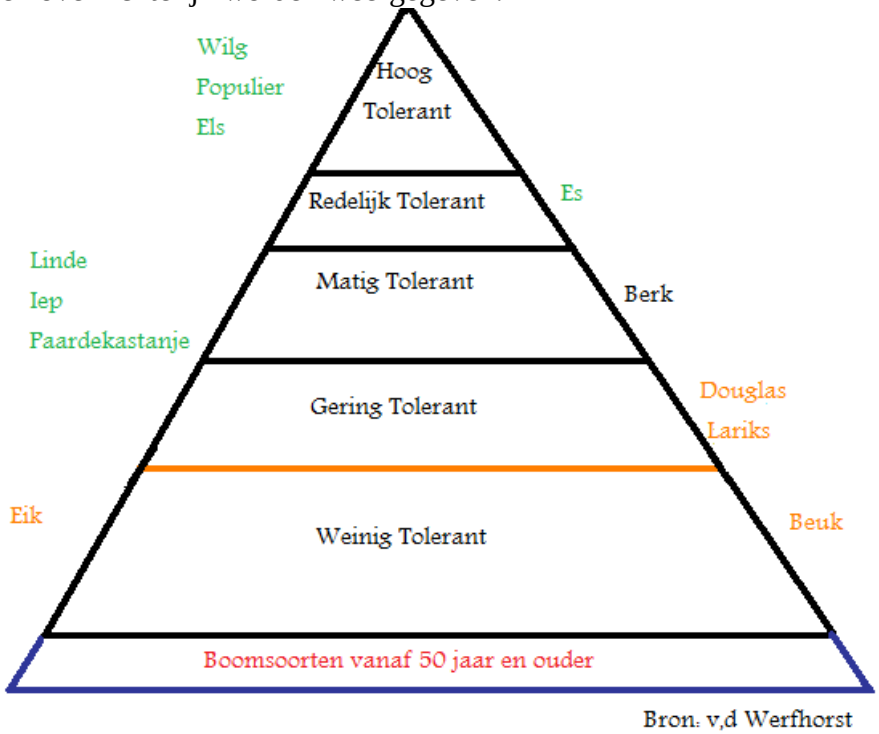
Omdat in de veldlocaties ook dikke wortels zijn doodgegaan door vernatting, kan aangenomen worden dat de risico's voor windworp zullen stijgen bij te grote stapgrootte van een vernatting. Ook hierbij zijn er verschillen in tolerantie tussen de boomsoorten. Het hangt af van de grootte van het verdronken deel van het wortelstelsel, maar ook van de infectierisico's via de dode wortels. Deze dode wortels zouden kunnen dienen als invalpoort voor parasitaire schimmels, waardoor het wortelstelsel naderhand nog verder zal verzwakken. De verwachting is dat deze risico's niet groot zijn, als de stapgrootte en het tempo van de vernatting voldoen aan de richtlijnen voldoen.



Figuur 16. Voor herstel van de natuurwaarde is het meestal het belangrijkste om de zomergrondwaterstand te verhogen. (Foto: G. Grimberg)

8.5 Situatie in Zwolle

Van de waardevolle bomen in Zwolle kan worden aangenomen dat ze een minimale leeftijd hebben van rond de 50 jaar. Bij deze leeftijd zijn voor de meeste boomsoorten de risico's juist het grootst. Het is van belang te onderzoeken om welke waardevolle boomsoorten het gaat. Voor alle duidelijkheid heb ik een figuur gemaakt (Figuur 17) waarin de tolerantie van de soorten overzichtelijk worden weergegeven.



Figuur 17: De tolerantie per boomsoort vanaf 50 jaar.

Nu is overzichtelijk welke boomsoorten bij welke tolerantie klasse horen. Verder is het van belang dat we kijken welke GLG in de gemeente Zwolle aanwezig is. Hiervan is een kaart aan de bijlagen toegevoegd. Als de GLG- t.o.v. M.V. kaart er bij wordt gehaald, de grafiek bij figuur 15 en de grafieken van Mazure (peilstijging 1.30 [3] en beide drainage afstanden). Uit de GLG-kaart t.o.v. MV is op te maken dat de GLG in het stedelijk gebied vrij diep zit.(pas op: de GLG is hier geen directe weergave van de werkelijkheid.) We hebben te maken met een stedelijk gebied, hier zijn waarden zoals GHG-GLG niet de exacte waarden, met name tegenover MV is diepgaander onderzoek noodzakelijk. Deze conclusie wordt bevestigd door de AHN-kaart waar is ingezoomd op een deel van Zwolle. Duidelijk wordt dat tijdens het meten de bebouwing er niet is uitgefilterd. Wel is er een correctie toegepast in het instrumentarium MIPWA.

[3] Dit is een geschatte stijging. Bij uitvoering is diepgaander onderzoek noodzakelijk.

De volgende berekening wordt gedaan aan de hand van de GLG-kaart t.o.v. MV(zie bijlage 24) zoals in MIPWA is weergegeven. In het stedelijk gebied op de GLG-kaart (het rode gebied) bevind zich de GLG tussen de -3.00m en de -4.50m t.o.v. MV. Voor de omliggende groene gebieden geldt een GLG van ongeveer -0.80m tot -2.00 m t.o.v. MV. Met de grafiek (figuur 15) kan worden berekend hoeveel stijging kan worden toegepast afhankelijk van de GLG. De waarden van het stedelijk gebied liggen buiten de waarden van de grafiek. Dit betekent dat er geëxtrapoleerd moet worden, wat zorgt voor onnauwkeurigheid. Om deze reden wordt de maximaal weergegeven GLG diepte (-2,00m - MV) gebruikt voor de toe te passen stijging in stedelijk gebied. Uit de grafiek blijkt dat er met 0,50m kan worden gestegen, totdat er problemen gaan ontstaan bij de gevoelige boomsoorten. Voor de redelijk en hoog tolerante soorten kan een stijging worden toegepast van 0,90m.

Buiten het stedelijk gebied heerst een gemiddelde GLG tussen de -0,80m en -2,00m t.o.v. MV. Dit betekent dat voor de -2,00 m situatie de zelfde stijging kan worden toegepast als in het stedelijk gebied. Voor de -0,80m situatie kan een stijging van 0,15 m worden toegepast alvorens er problemen ontstaan bij de minder tolerante boomsoorten en een stijging van 0,30m kan worden toegepast bij de redelijk tot hoog tolerante soorten.

Nu is er een probleem met bovenstaande analyse. Bovenstaande analyse is gebaseerd op de huidige GLG. Na een waterstandverhoging zal de GLG ook veranderen. Dit is bevestigd met een berekening zoals beschreven in §6.1. Om te weten of de bomen mogelijk kunnen overleven is deze GLG stand dus van belang. Figuur 15 geeft heel duidelijk aan welke stijging bij welke GLG stand kan worden toegepast. De standen beginnen ongeveer bij -0,40m –mv. Dit is het gedeelte wat de boom in ieder geval nodig heeft, zonder natte wortels te krijgen. Nu blijkt dat de nieuw verkregen GLG rond de -0,40m – mv. ligt. De conclusie is dan ook dat vrijwel alle waardevolle bomen kapot zullen gaan aan een waterstandstijging van 1.50 m op het IJsselmeer. Een uitwerking van de berekening in GIS is in de bijlagen opgenomen. In de bijlagen zijn verschillende kaarten opgenomen waar de waardevolle bomen op weer zijn gegeven. Eén kaart geeft de globale weergave van het bomenbestand weer in Zwolle (zie bijlage 30, 31). Ook is een gedetailleerde AHN-kaart (gridcel 5*5m) bijgevoegd (zie bijlage 28). Hier is duidelijk het verschil in hoogte te zien tussen de gebouwen en de omliggende omgeving. Een van de GIS-kaarten geeft een selectie weer op basis van de nieuw berekende GLG waarden. Hieruit blijkt dat vrijwel alle waardevolle bomen hinder ondervinden van een te hoge waterstand.

8.6 Conclusie waardevolle bomen

Voor de meeste boomsoorten zijn de risico's het grootst als de bomen ouder zijn dan 50 jaar (waarbij de landschappelijke en juridisch/financiële waarde juist sterk toeneemt). Bomen die zijn aangegeven als 'waardevol' vallen meestal in deze leeftijdscategorie. Het is van belang te onderzoeken om welke waardevolle boomsoorten het gaat. De tekst onder figuur 14 geeft weer welke soorten tolerant zijn en welke totaal niet. Tevens is er een figuur gemaakt (figuur 17)waar deze tolerantie klassen nog eens duidelijk op zijn weergegeven. Er zijn verschillen in termijn waarop de boomsoorten reageren. In een aantal gevallen bleek echter duidelijk dat op termijn aantastingen door secundaire insecten bepaalde soorten zoals de eik alsnog een fatale slag kunnen toebrengen (eikenprachtkever) die waarschijnlijk met de vernatting te maken heeft.

Omdat de beuk minder secundaire plaaginsecten heeft, kan hij herstellen van een tegenslag in de vitaliteit, indien er voldoende overblijft van de ondergrondse en bovengrondse boom. De diepste wortels hebben meer kans op afsterven bij vernatting. Droge jaren leiden namelijk tot meer naar beneden groeiende wortels, die in natte jaren op grotere schaal afsterven dan voor de verdroging. In ongestoorde bodem zou wellicht zelfs bij de verdroging geen diepe beworteling zijn opgetreden. Het is daarom van groot belang te onderzoeken hoe diep de GLG zit. Aan de hand hiervan kan worden vast gesteld of de boom veel diep groeiende wortels heeft.

Uit het onderzoek kan geen waterdicht recept worden gegeven voor de stapgrootte. Er zijn voorbeelden van wat níet mogelijk is. In de lagere delen in Roden, Gees en Leende zijn bomen afgestorven. Ook hierbij was de vergravenheid van de bodem een belangrijke storingsbron. De uitgangsdiepten van zowel zomer- als wintergrondwaterstand hebben uiteraard ook invloed op de beperking van de wortelruimte bij vernatting. Als er sprake is van hangwaterprofielen (na de verdroging), kan soms een flinke eerste stap gemaakt worden bij de verhoging van de grondwaterstand. Ook dan zal goed gelet moeten worden op de diepte van de doorworteling. Als er veel diepe wortels aanwezig zijn, bijvoorbeeld na diepspitten, is schade aan de bomen te verwachten (veel wortels zullen dan uitvallen door verdrinking). Natte jaren vlak na een vernattingsstap kunnen toch onverwachte schade opleveren.

Het advies is om in meerdere, kleine, stappen te vernatten. Het advies is dus om een lange periode tussen de maatregelen aan te houden, liefst 10 jaar. Met behulp van figuur 14 wordt d.m.v. de GLG een richtlijn gegeven welke stapgrootte toepasbaar zijn. Helaas blijkt uit een GIS analyse dat de voorgenomen peilvariant van 1,50m te ingrijpend is. Vernattingschade aan de wortels leidt uiteindelijk tot een soort verdrogingsschade in de kroon. Problemen in het wortelstelsel kan men relatief snel zien aan de vitaliteit van de twijgen in de kroon. Voor Zwolle kan er een stijging worden toegepast in het stedelijk gebied tussen de 0,50 en 0,90M. Uitgaande van de GLG kaart zoals in MIPWA is gesitueerd. Voor het buitengebied geldt een stijging van ongeveer 0,15 tot 0,30 m. Door de grote verschillen in de GLG kan worden aangenomen dat deze niet erg betrouwbaar zijn. Bij het meten van de AHN worden de gebouwen als bepaalde hoogten eruit gefilterd, helaas kan dit niet voor de volle 100 procent gebeuren.

Berekend is dat de nieuwe situatie voor veel problemen gaat zorgen. Met de nieuwe situatie wordt bedoeld de huidige GLG in MIPWA + de verwachte stijging berekent d.m.v. Mazure (zie § 6.1). De nieuwe GLG zal liggen in de buurt van de minimale drooglegging die een boom nodig heeft. Dit is ongeveer -0,40m –mv. (figuur 15)
De stijging die dan overblijft zal liggen tussen de 0,20 en 1.2m. Dit is de speling die overblijft tussen minimale drooglegging en maximale GLG stand alvorens problemen optreden. Wel moet er rekening mee worden gehouden dat de nieuwe GLG niet berekend is met jaren met veel neerslag, of opstuwing van water door wind. De tijd dat men alles zou willen realiseren is te krap voor de bomen om hieraan te kunnen wennen. Voeg er aan toe dat de overgebleven marge erg krap is. Op grond van de GIS analyse kan worden geconcludeerd dat bij de uitkomsten zoals beschreven in paragraaf 6.1 een groot gedeelte van de bomen zal bezwijken aan de nieuwe waterstanden dan wel aan secundaire insecten.

9. Conclusie en aanbevelingen

Het klimaat verandert. De wereldwijde temperatuurstijging leidt tot een stijgende zeespiegel. Door de klimaatverandering zullen natte, zachte winters en droge, warme zomers vaker voorkomen. De verandering van het klimaat heeft gevolgen voor de aanvoer van water door de rivieren. In de winter zal meer water worden aangevoerd, terwijl in de zomer juist extreem lage aanvoeren kunnen optreden. In het ontwerp Nationaal Water Plan (NWP) van december 2008 sluit de regering aan bij de aanbevelingen van de Deltacommissie. Ook in het definitieve NWP (december 2009) is dat het geval. Een definitief besluit over het toekomstig peilbeheer van het IJsselmeer zal worden genomen in het nieuwe NWP, dat in 2015 verschijnt. Voor die tijd moet nog een uitvoerige verkenning naar mogelijkheden en alternatieven worden verricht. Hiervoor is eind 2009 het Deltaprogramma opgestart.

Er zijn vier varianten voor een toekomstig peilbeheer gekozen. Er is daarbij uitgegaan van de situatie over ca. 100 jaar en een zeespiegel die 1,30 meter gestegen is. De keuze van de peilvarianten is bepaald door zoetwatervoorziening en veiligheid. Bij de opzet van dit rapport wordt alleen de 4^{e} variant behandeld, dus een stijging van 1.50m op het IJsselmeer.
Na mijn mening komt deze 1.50m peilstijging er niet. Dit heeft te maken met het feit dat er te veel ‘haken en ogen’ aan vast zitten. De infiltratie riolering bijvoorbeeld ligt nu een paar cm boven het grondwater. De formule van Mazure (zie bijlagen 13 t/m 16) geeft op een afstand van 500 meter een peilverhoging in de grondwaterstand weer die ligt tussen de 0,15 en 0,50m. Deze stijging is voor de meeste infiltratierioleringen in Zwolle te veel. Als we ervan uitgaan dat de infiltratieriolering 10 cm boven het grondwaterniveau ligt. Dan zou dit betekenen dat in een straal van 1900m (gemeten vanaf een watergang met stijging 1.30) alle IT-riolering buitenwerking komen te liggen. Een grote hoeveelheid IT-riool zou zijn functie gaan verliezen bij deze peilstijging. Deze berekening is uitgegaan van een drainage afstand van 250m. Als we dezelfde gegevens vergelijken bij een drainage afstand van 70 m. Dan zien we dat de grondwaterstand met 0,10m wordt verhoogd bij een afstand van ongeveer 1300m. Met andere woorden in een straal van 1300 m zal alle IT- riool dat 0,10m boven het grondwaterniveau ligt zijn functie verliezen.

De grafieken van Mazure geven een kleine indicatie weer van de verwachte stijging rondom Zwolle. De waarden die zijn verkregen met Mazure zijn verwerkt in een GIS analyse. Deze GIS analyse geeft een nieuw GLG weer waarin de verwachte stijging in het grondwater is verwerkt. Nader onderzoek is gewenst, omdat bij dergelijke onderzoeken veel factoren meespelen. Te denken valt dan aan een goede analyse van de bodem en het gehele watersysteem. Het is aan te bevelen om vanuit meerdere watergangen Mazure door te berekenen. Vervolg onderzoek is ook noodzakelijk om een goede conclusie te kunnen trekken over de overstorten. De drempelwaarden liggen om en nabij de hoogte die ook evt. kan optreden in de watergangen. Waardoor deze water inlaten. Voor goede resultaten is het aan te bevelen om in de omgeving van overstorten de geschatte peilstijging in de waterloop te berekenen.

De waardevolle bomen kunnen eventueel een peilstijging overleven. Mits er gefaseerd wordt verhoogd. Dit faseren moet dan gebeuren in tussen posen van ongeveer 10 jaar. Gezien de tijd dat men alles wil realiseren gaat dit al niet. Daar komt bij dat jonge bomen zich beter herstellen. Voor de meeste boomsoorten zijn de risico’s het grootst als de bomen ouder zijn dan 50 jaar. Tevens kunnen niet alle bomen tegen een grondwaterstandverandering. Dit is sterk afhankelijk van de boomsoorten (figuur 17) en de ondergrond. Voor de ondergrond is het beter als deze niet vergraven is. Het is van belang dat er onderzoek wordt verricht naar de grondwaterstand in het verleden(GLG).

Figuur 15 geeft aan welke stapgrootte kan worden toegepast afhankelijk van de heersende GLG. Tevens is er een GIS kaart met de GLG waarden t.o.v. N.A.P. opgenomen (zie bijlage 26). Met deze gegevens kan worden vastgesteld of de huidige bomen diep zijn gaan wortelen. Bij diepwortelende bomen zullen na een grondwaterstandverhoging meer wortels afsterven. Waardevolle bomen in het stedelijk gebied hebben theoretisch meer kans om te overleven, omdat hier vaak de grondwaterstand kunstmatig omlaag wordt gehouden door bemaling.

Om een beter inzicht te krijgen welke effecten de gemeente Zwolle krijgt te voorduren is het van belang om de ondergrond goed in kaart te brengen. Hiervoor moet Zwolle beter in het Model MIPWA worden gesitueerd. Ook is het van belang dat er een meerdere peilbuizen evenredig over Zwolle worden verdeeld. Op deze manier kan de waterstand goed worden weergegeven. Het is aan te bevelen om overige onderzoeken en toekomstige onderzoeken te koppelen aan MIPWA. Hiermee wordt bedoeld dat informatie van bodem data verkregen tijdens onderzoeken aan het MIPWA instrumentarium wordt toegevoegd.

De 1.50m stijging geeft naar alle waarschijnlijkheid zo veel problemen, dat dit niet te realiseren is. Het is een complexe situatie waarbij veel aspecten niet eens aan de orde zijn gekomen. Zo zullen kabels en leidingen in gevaar komen, omdat deze misschien wel permanent in het grondwater zullen komen te liggen. Kunstwerken en keringen zullen niet meer voldoen, of juist bij het minst geringste al in werking treden. Waardoor tijdens veel neerslag niet genoeg water kan worden afgevoerd. Zwolle wordt op deze manier een badkuip. Het plaatsen van extra gemalen kan hierbij oplossing bieden. Anders zou dit badkuip effect weer een bepaalde stijging doen veroorzaken in de grondwaterstand en dit is zeer nadelig voor Zwolle gezien de beperkte drooglegging tussen bijvoorbeeld infiltratieriolering.

Een goede stap is gemaakt met het maken van een GIS analyse. In deze analyse zijn de Mazure uitkomsten en de huidige GLG met elkaar gekoppeld. Binnen Mazure is duidelijk zichtbaar dat een kleinere drainage afstand de stijging sneller doet afnemen. Maar de verschillen tussen de gekozen drainage afstanden zijn niet noemenswaardig groot. Bij het onderzoeken met behulp van Mazure zijn drie kd-waarden aangehouden. Voor een beter resultaat is het nodig het onderzoek uit te voeren met meerdere kd waarden. Deze kunnen namelijk sterk verschillen door de aanwezigheid van storende lagen in de ondergrond.
Over de Huidige GLG en de koppeling hiervan met Mazure is het watersysteem van Zwolle gelegd. Het watersysteem is als een puntenbestand verwerkt. Met o.a. deze punten kon er een interpolatie worden uitgevoerd. Uit eindelijk is er een kaart vervaardigd waarop een Nieuwe GLG tot stand is gekomen. Deze nieuwe GLG gaat uit van een stijging van 1.30 in de vecht (zoals aangegeven in het rapport lange termijn peilbeheer).
Deze analyse is goed bruikbaar voor de overige deelvragen. Veel tijd ging in het analyseren zitten waardoor alleen de deelvraag waardevolle bomen zijn gekoppeld aan het bestand.
Na een selectie in de tabellen bleek dat vrijwel alle waardevolle bomen in Zwolle problemen zullen ondervinden bij een peilstijging van 1.50m op het IJsselmeer. Mede omdat de nieuwe GLG dan rond de -0.40m –MV komt te liggen. Deze diepte is de minimaal vereiste droogtelegging tussen de GLG en de bomen. Er blijft geen marge over voor verdere stijging door eventuele natte jaren. Bij -0,40 m –mv zullen veel waardevolle bomen al met de wortels nat staan. Mede door de voorheen diepe GLG zijn veel diepe wortels gevormd. Deze zullen nu sneller afsterven en de boom zal hierdoor minder goed of helemaal niet kunnen herstellen. Ook gaat de invloed van secundaire insecten nu een grote rol spelen op de vitaliteit van de boom.

Literatuurlijst

Rapporten:

Olsthoorn, A.F.M., J. Kopinga, G.W. Tolkamp, C.A. van den Berg, C.J.F. ter Braak 2003 Effecten van vernatting in bossen - Conclusies en aanbevelingen voor praktijk en beleid. Rapport EC-LNV nr. 2003/173 O, 31 p.

Adviesbureau Tauw concept rapport Bemalingsplan Oude Mars te Zwolle, Concept, 3 juli 2009. Rapport nr. 2009/ R001-4652883KMF-V02.

Judith Snepvangers, Wilbert Berendrecht 2007-TNO-rapport 2007-U-R0972/A
MIPWA Methodiekontwikkeling voor Interactieve
Planvorming ten behoeve van Waterbeheer.

Rijkswaterstaat et al, Concept Rapport- Voorverkenning lange termijn peilbeheer IJsselmeer Verslag Versie: 1 maart 2010.

Rijkswaterstaat et al, Concept Rapport- Voorverkenning korte termijn peilbeheer IJsselmeer Verslag Versie: 1 maart 2010.

Kwak & van Daalen & Ronday, Zaandam et al,
Ontwerp Nationaal Waterplan, Een uitgave van de Rijksoverheid.
22 december 2008.

Rapport Kenniskaarten IJsselmeergebied mei 2008
Op weg naar een nieuw beleidskader.

Ministeries van VenW, VROM en LNV (2009) Nationaal Waterplan 2009-2015.

Deltacommissie/Commissie Veerman (2008) Samen werken met water – een land dat leeft, bouwt aan zijn toekomst.

Internetsites:

http://www.stowa.nl/uploads/publicaties2/mID_4924_cID_3914_20243432_rapport%202005%2020.pdf

http://www.obn-symposium.nl/

http://www.alterra.wur.nl

http://www.stowa.nl

http://bis.zwolle.nl

http://dinoloket.nl

http://rws.nl

http://wgs.nl

http://deltares.nl

Geïnterviewde personen:

Hydroloog IR.W.G. Veldman, waterschap Groot Salland

Drs. J.A.H. Kabout, DHV

Dhr. E. H.J. te Veldhuis, Gemeente Zwolle

Dhr. J. Oosthof, Gemeente Zwolle

Dhr. IR. G.H Tromp, waterschap Groot Salland

Dhr .IR. B.Ros, waterschap Groot Salland

Dhr. J.Schoenmakers, Hogeschool van Hall Larenstein

Dhr. M. Mann, Hogeschool van Hall Larenstein

Dhr. A. Olsthoorn, Hogeschool van Hall Larenstein

Bijlagen

Bijlage 1

Onderzoeksopzet Vernattingsonderzoek in bossen Hydrologisch proefveld Geestmerambacht.

Het proefveld Geestmerambacht is een hydrologisch proefveld met 8 boomsoorten, waarin de grondwaterstand in stroken kan worden aangepast (Koppe, 2000). Het proefveld is in 1985 geheel nieuw aangelegd en met bomen beplant. Het bestaat uit 12 stroken van 15 m bij 120 m waarin de grondwaterstand vrij precies kan worden geregeld. Vanaf 1985 zijn bepaalde niveaus aangehouden en begin 1997 zijn de grondwaterstanden veranderd, grotendeels verhoogd. De groei en vitaliteit werden jaarlijks opgenomen. In de statistische analyse is een vierjarige periode voor 1996 vergeleken met een vierjarige periode na de vernatting, begin 1997. Het jaar 1996 is niet in de analyse betrokken vanwege storingen in de grondwaterregeling. In 2001 is wortelonderzoek gedaan om eventuele schade aan met name de structuurwortels vast te stellen. Zie verder Koppe (2001) voor een technische beschrijving van het proefveld en een beoordeling van de betrouwbaarheid van de cijfers. Zie Van den Berg et al. (2002) voor een beschrijving van de gevolgde methodiek bij o.a. het wortelonderzoek en voor de resultaten van dit deel van het onderzoek.

Veldlocaties in Roden, Gees en Leende

Omdat in het proefveld Geestmerambacht de bomen nog vrij jong zijn (aanleg in 1985), zijn ook drie locaties met volwassen bos geselecteerd voor veldonderzoek. In de locaties te Roden, Leende en Gees was een gradiënt in hoogteligging aanwezig, zodat er bomen onderzocht konden worden die veel of weinig wortelruimte in de bodem overhielden na de vernatting. De soorten in de drie geselecteerde locaties waren eik, grove den, beuk en Douglas. Het tijdstip, waarop de vernatting is ingezet, verschilt per locatie: in het Mensingebos (Roden) omstreeks 1987/’88, in mei 1993 in de boswachterij Gees en eind 1996 in de boswachterij Leende.
Tijdens het veldwerk is per boomsoort o.a. bepaald: vitaliteit, diktegroei (d.m.v. jaarringanalyse via boorspanen), en beworteling. Via profielkuilen is een wortelkaart gemaakt die met een GIS methodiek is verwerkt tot aantallen wortels per laag van 10 cm diepte. Wortels zijn geklasseerd als dood of levend in verschillende dikteklassen. In elke kuil is de grondwaterstand tijdens het wortelonderzoek opgenomen (een lage zomerstand, op 1 dag gemeten per locatie) om de hoogteligging van de bomen onderling te verbinden. Deze zomergrondwaterstand is als een horizontale lijn zichtbaar. Zie voor de figuren verder Olsthoorn et al. (2001) en Bouman et al. (2001) voor een uitgebreidere omschrijving van methoden en resultaten.

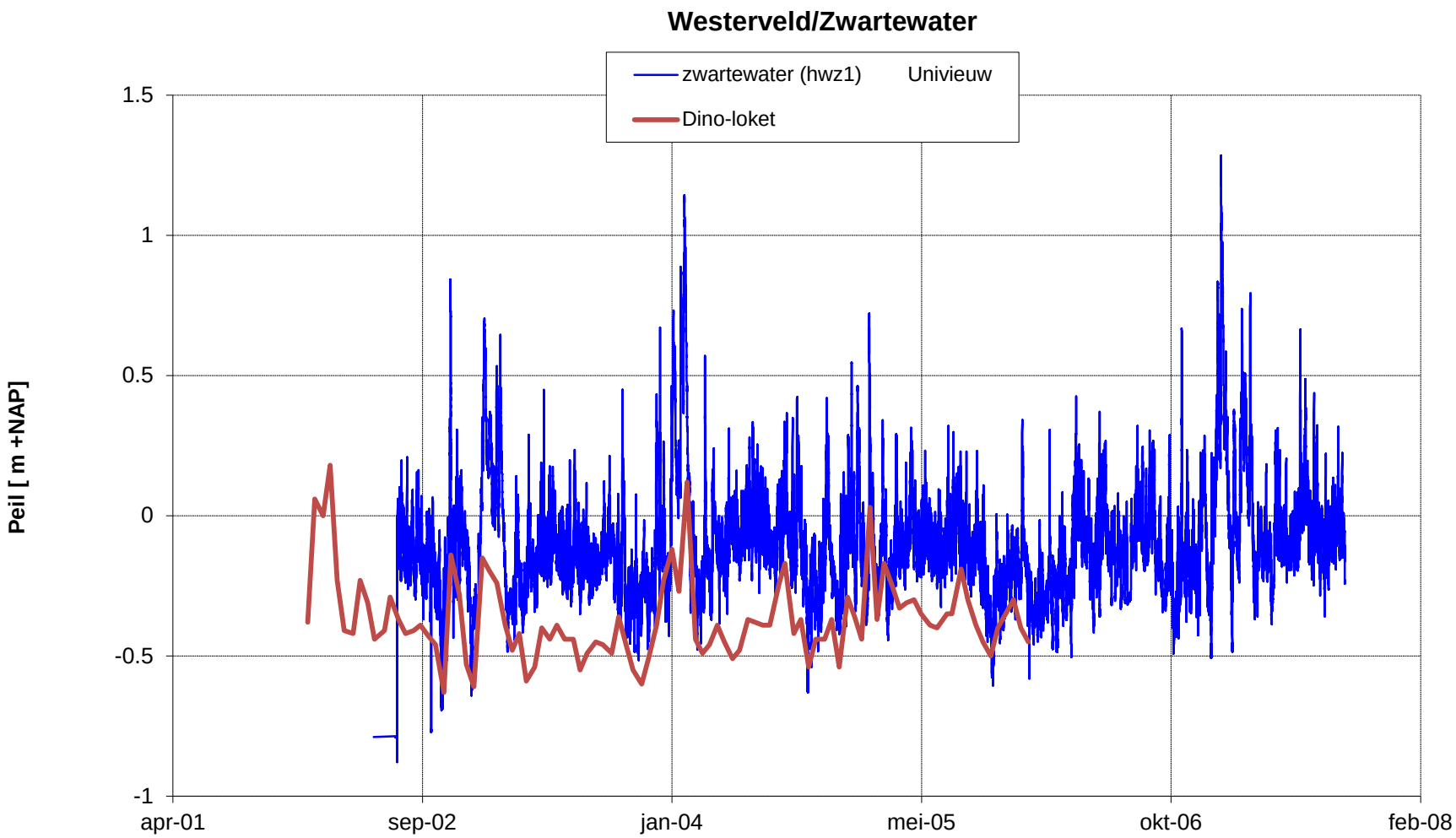
Hydrologisch proefveld Geestmerambacht (vnl. uit Koppe, 2002 en Van den Berg et al., 2002)

Boomsoorten hebben wortelruimte nodig om water op te kunnen nemen. Daarbij blijkt dat vrijwel altijd een optimum optreedt in de groei bij een grondwaterstand van ruim 1 meter diep (zie o.a. Vroon, 2000). De grondwaterdiepten in Geestmerambacht voor de vernatting bleken voornamelijk ondieper te zijn. Dan blijkt er een mooie lineaire relatie te zijn tussen de groei en de diepte van het grondwaterniveau. Hoe dieper het grondwater zit, hoe krachtiger de groei. Als de grondwaterstand dieper dan 1,20 meter komt (niet aanwezig in dit proefveld), zal de groei waarschijnlijk weer afnemen, omdat dan de nalevering van water uit de ondergrond gedurende het groeiseizoen wegvalt (het wordt uiteindelijk een hangwaterprofiel als het grondwater te diep staat). Na de vernatting blijkt dat de groei zich snel aanpast aan het nieuwe niveau.

Dit is ook niet zo vreemd als blijkt dat er geen dramatische wortelsterfte is opgetreden. De worteltellingen sluiten wel goed aan op de resultaten uit de veldlocaties: er trad met name wortelsterfte op bij de minst tolerante boomsoort en bij een grote vernattingsstap. Opvallend is dat de groei al snel na de vernatting begint te veranderen, zelfs na het droge jaar 1996. Er zijn geen opvallende veranderingen in de nutriëntengehalten of vitaliteit opgetreden na de grondwaterstandsverandering. Zie verder Van den Berg et al. 2002.

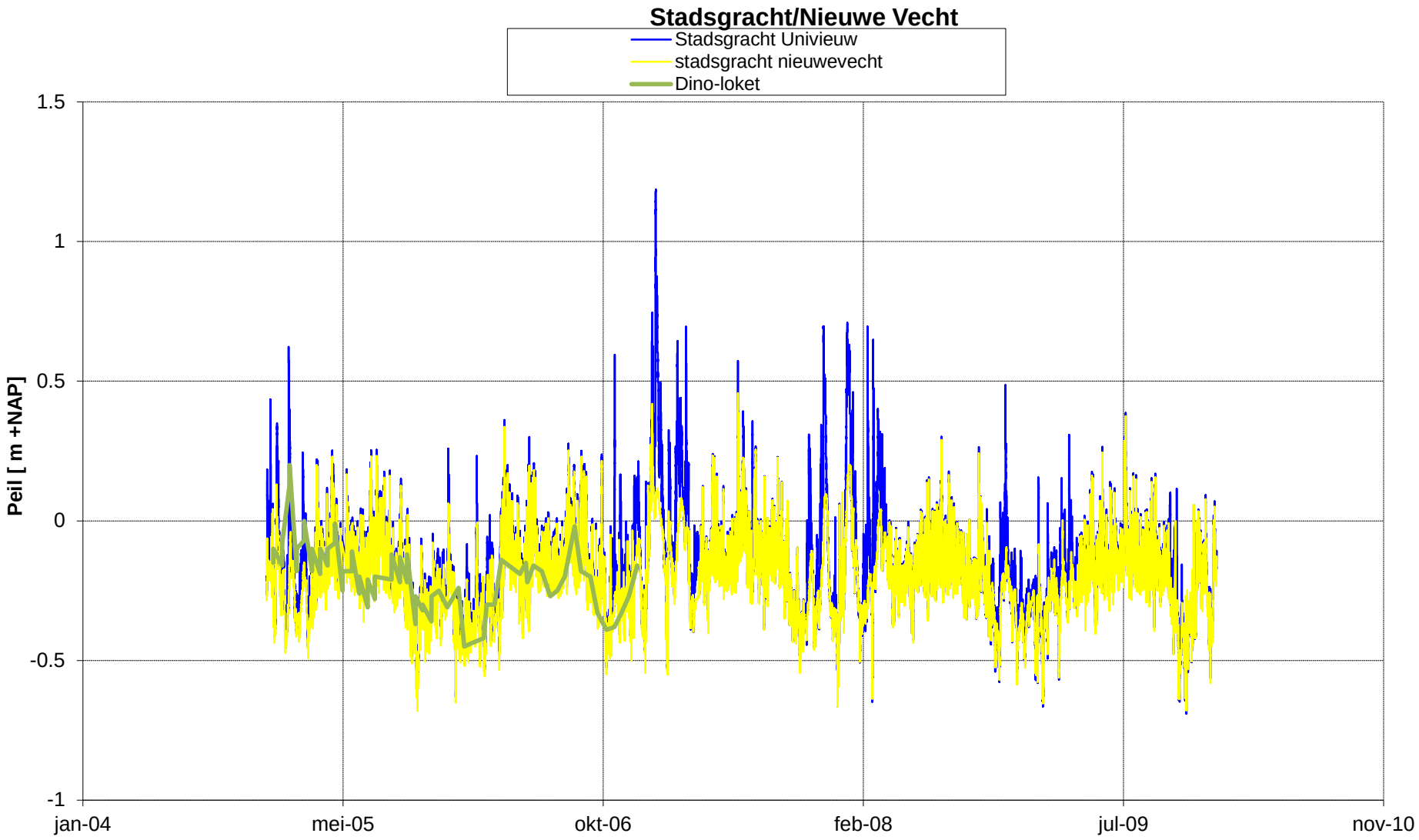
Als hoofdconclusie uit het hydrologische proefveld Geestmerambacht kan worden gesteld dat jonge bomen niet zoveel last hebben van vernatting en dat de groei zich snel kan aanpassen. De grondwaterstijgingen in het proefveld zijn niet sterk genoeg geweest voor boomsterfte. Dit was ook niet de bedoeling want dan is er niet veel meer te meten aan het wortelstelsel. Er zijn weinig dode wortels gevonden. Waar er dode wortels waren, was dit op een plek die sterk vernat was en bij een boomsoort die hier relatief veel last van heeft (beuk). Ook bij jonge bomen mag de vernattingsstap echter niet te groot zijn, omdat ook dan schade mogelijk is. In Leende is veel sterfte opgetreden bij jonge Douglas-zaailingen. De zone waar oude bomen dood gingen was echter groter dan de laagstgelegen plek met dode jonge bomen.
Bron: Olsthoorn et al, 2003

Bijlage 2 Vergelijking oppervlaktewater Uniview met peilbuis Dino loket

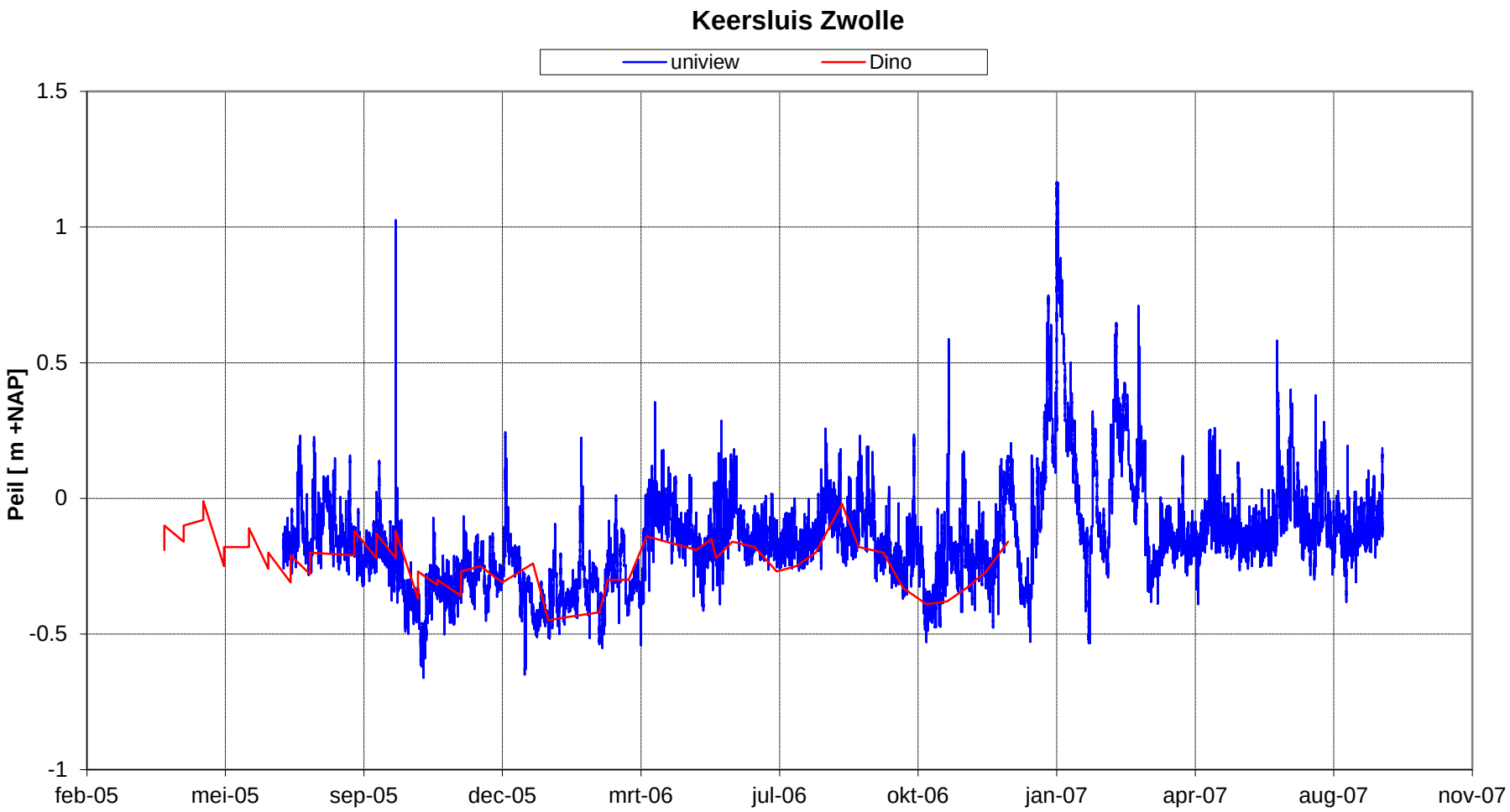


Bijlage 3

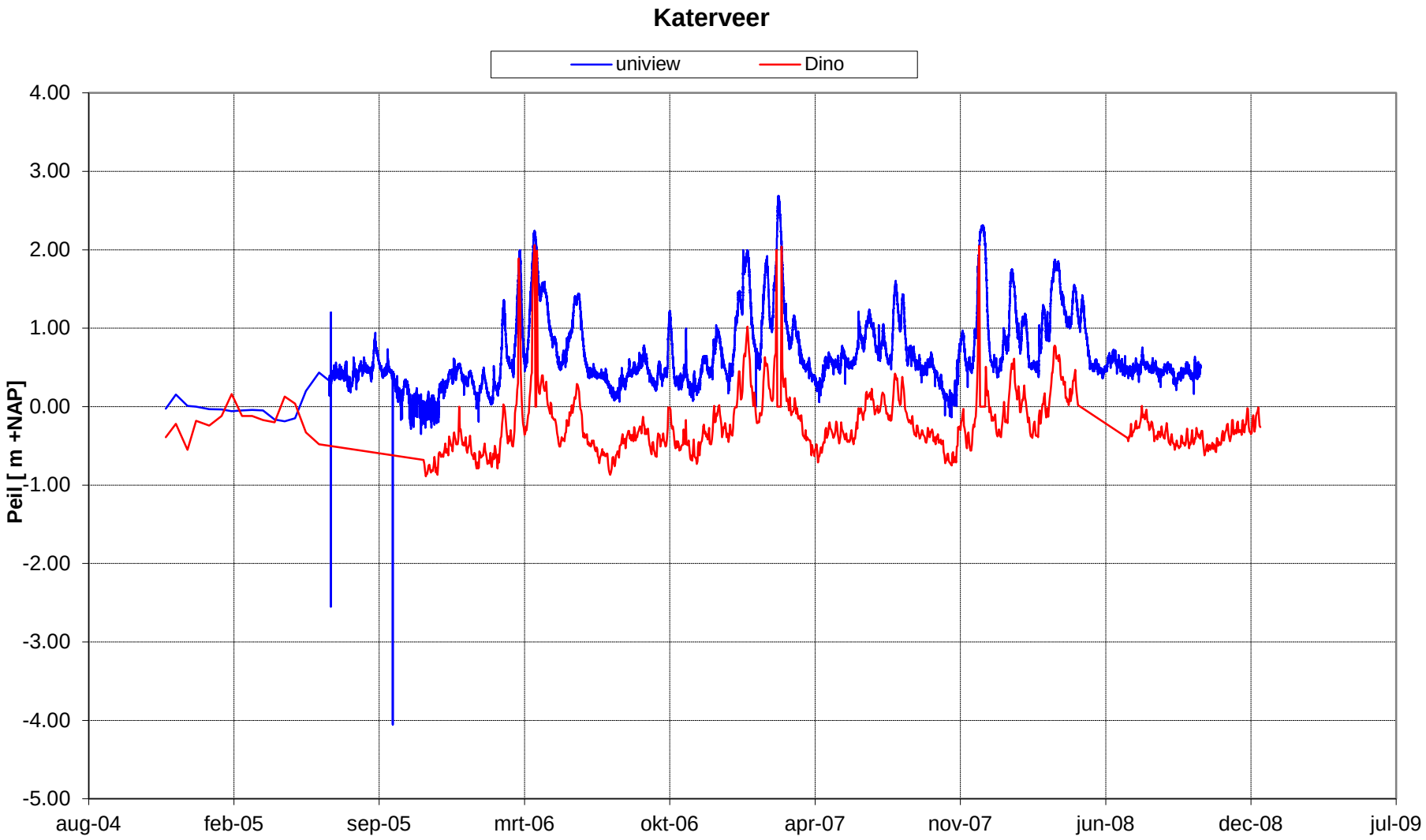
Vergelijking peil stadsgracht met Dino loket peilbuis in omgeving



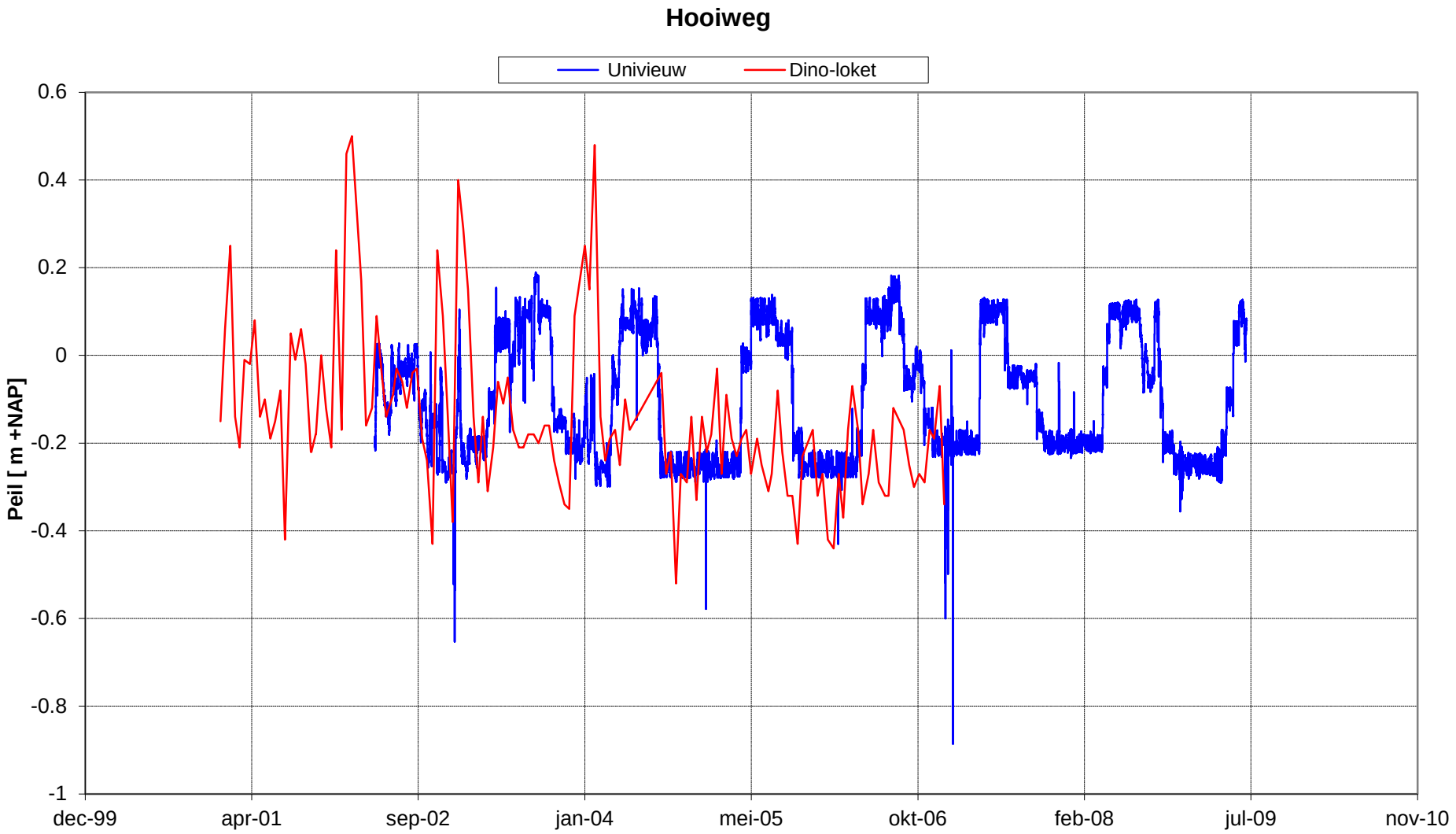
Bijlage 4 Vergelijking keersluis Zwolle met peilbuis Dino loket



Bijlage 5 Vergelijking Katerveer met peilbuis Dino-loket



Bijlage 6 Vergelijking oppervlaktewaterstand Uniview/Hooiweg met peilbuis Dino loket



Bijlage 7

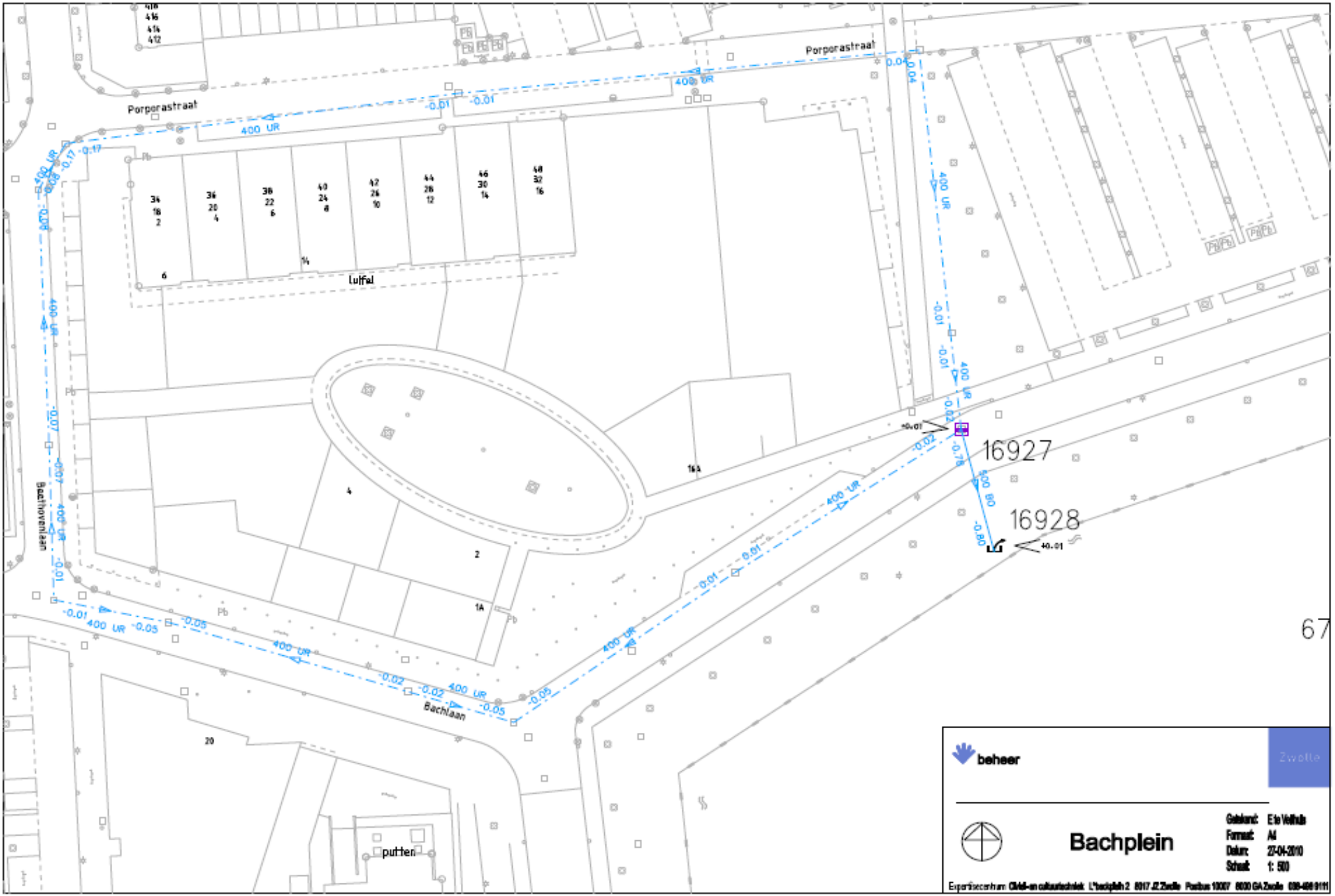
Globale indicaties ten aanzien van de maximaal toelaatbare stijging van de GLG (=gemiddeld laagste grondwaterstand) per grondwatertrap en per boomsoortengroep. Veel locale hydrologische veldervaring is nodig om deze stijging te realiseren zonder dat de voorjaarsgrondwaterstand (GVG) teveel meestijgt (aangepast uit: Kopinga & Olsthoorn, 2002).

Grondwatertrap Boomsoortengroep (tolerantieklasse):

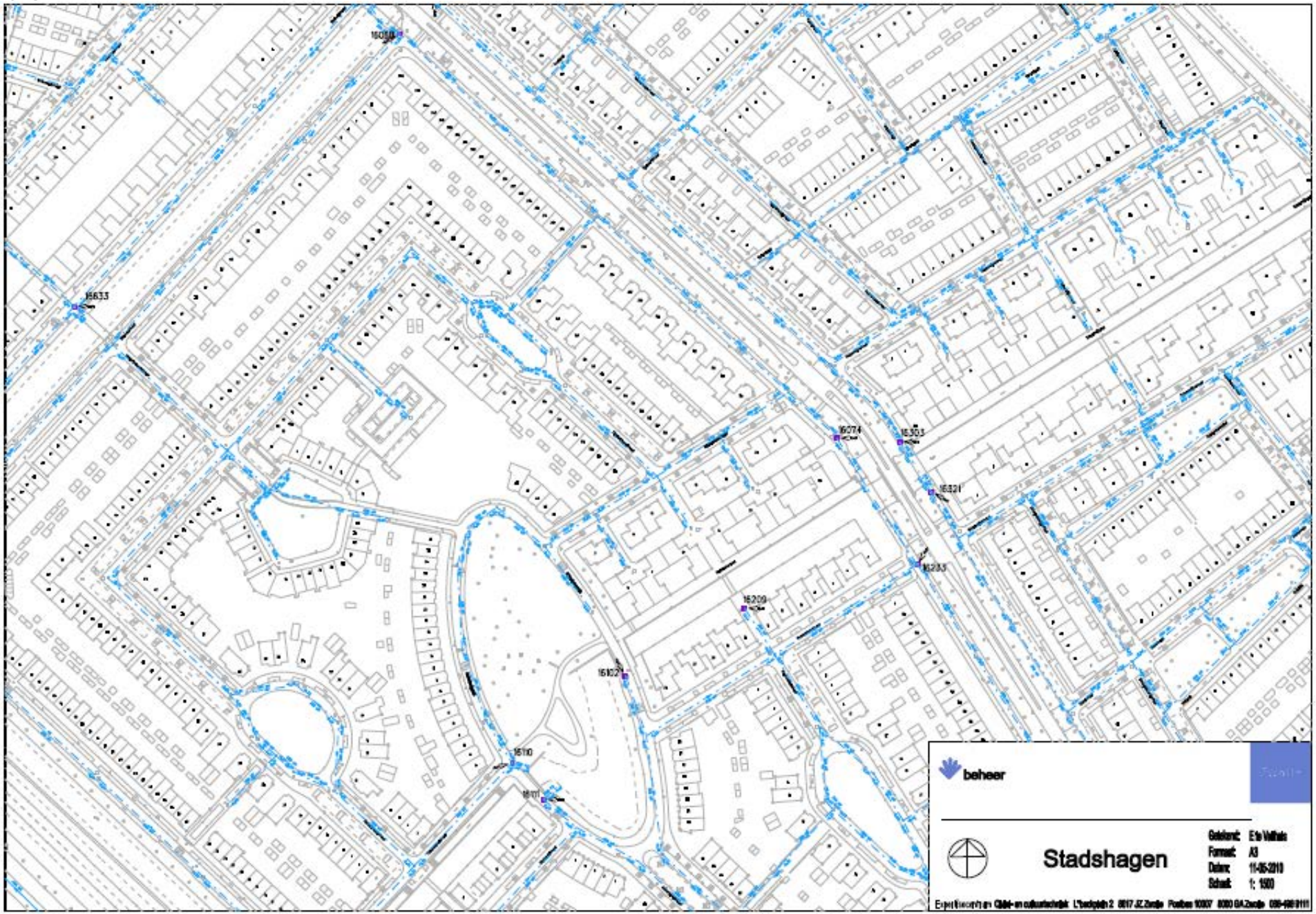
Grondwatertrap	Boomsoortengroep (tolerantieklasse):			
	wilg, populier en els	es	linde, iep, paardekastanje en berk	beuk, eik, lariks en douglas
I	2 dm	1-2 dm	1 dm	0-1 dm
II	2-3 dm	2 dm	1-2 dm	1 dm+
III	3 dm	3 dm	2-3 dm	2-3 dm+
IV	4 dm	3-4 dm	3 dm	2-3 dm+
V	4 dm *	3-4 dm *	3 dm *	3 dm *+
VI	5 dm *	4-5 dm *	4 dm *	4 dm *+
VII	5 dm *	4-5 dm *	4-5 dm *	4 dm *+

+ = Gecontroleerd met veldwaarnemingen
* = Minimumindicaties waarbij er voorzichtigheidshalve van uit is gegaan dat de GLG zich direct onder het niveau van 120 cm minus maaiveld bevindt. In de praktijk zal dat bij de drogere Gt's echter lager zijn en dan zijn grotere stijgingen aanvaardbaar al naar gelang de GLG dieper ligt.

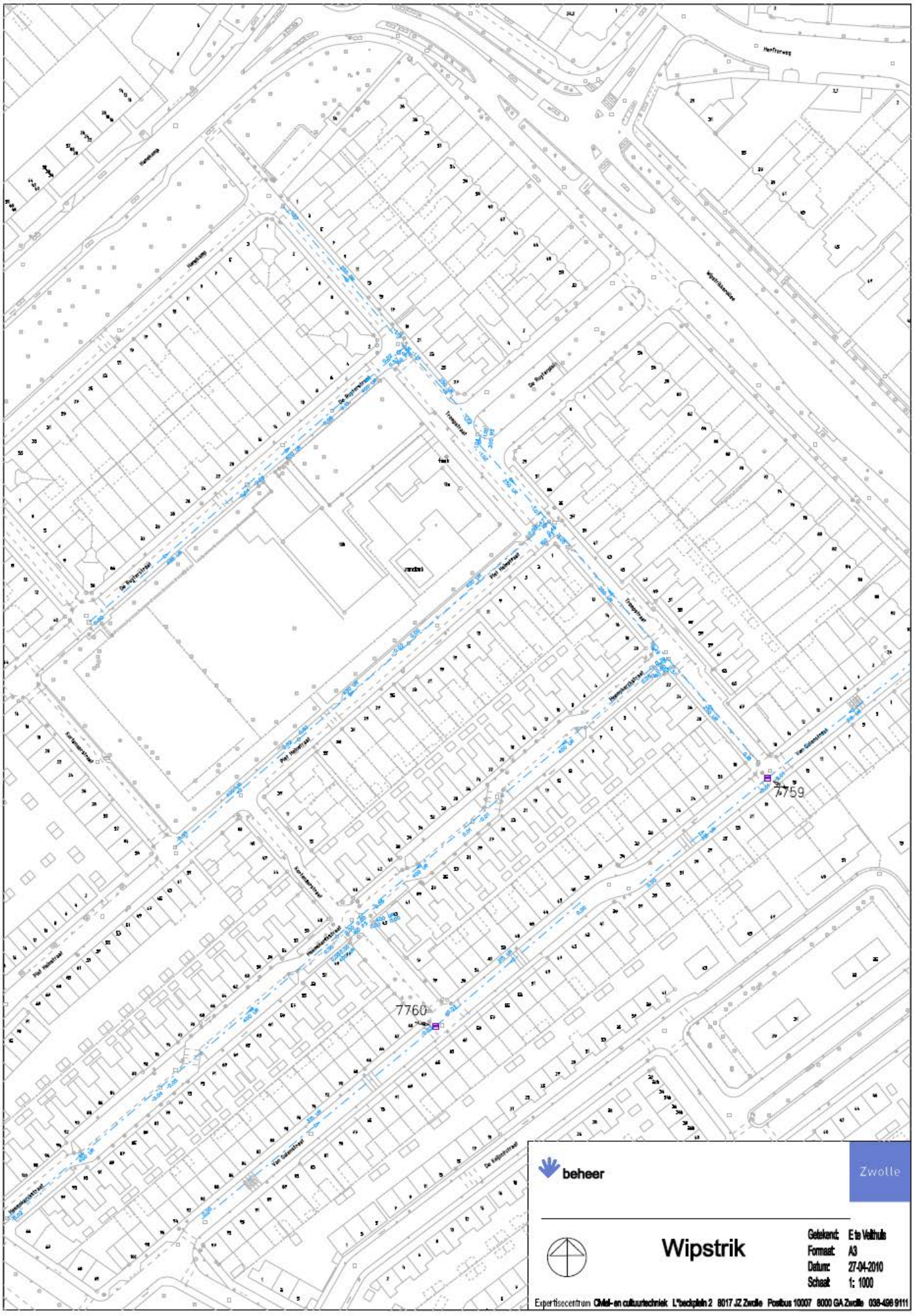
Bijlage 8 kaart van Infiltratieriool Zwolle



Bijlage 9 kaart van Infiltratieriool Zwolle

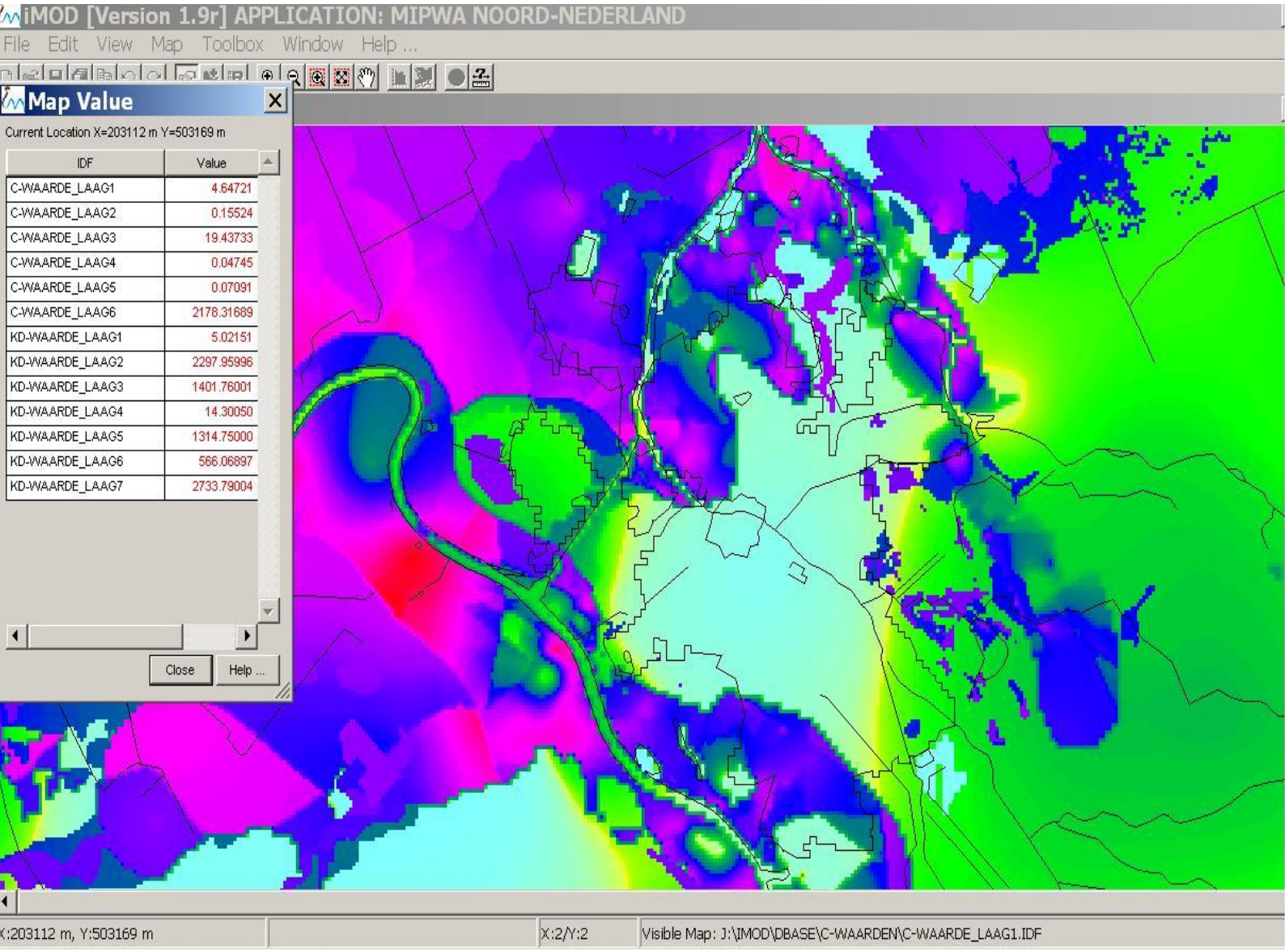


Bijlage 10 A4 kaart infiltratie riolering



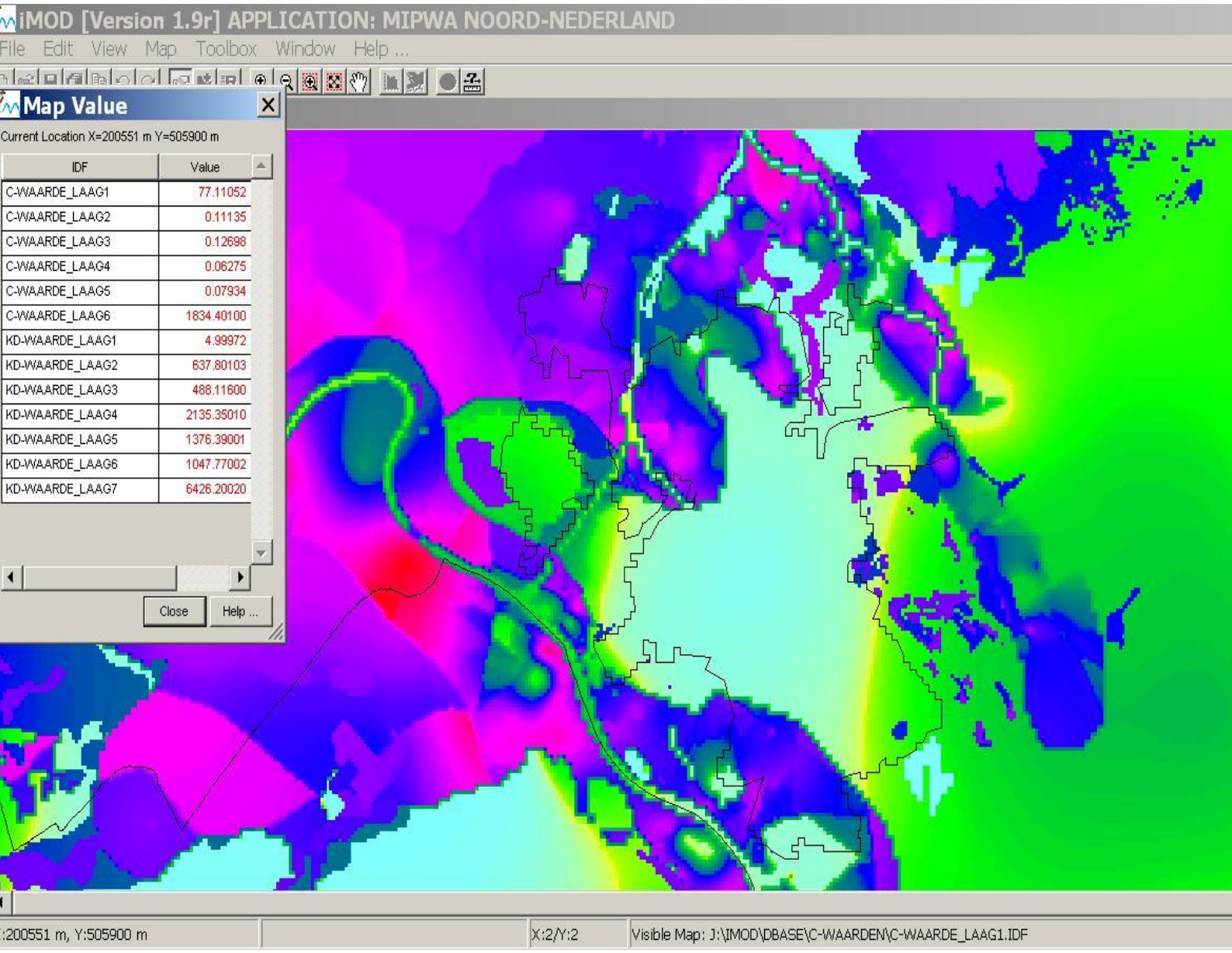
Bijlage 11

De C-waarden van de binnenstad zoals geschematiseerd in MIPWA.



Bijlage 12

De C-waarden van Stadshagen zoals geschematiseerd in MIPWA.



Op deze kaart ontbreken de watergangen van de stad Zwolle.

Bijlage 13

Situatie binnenstad Zwolle
Bij peilstijging van 1.30m en een drainageafstand van 70m

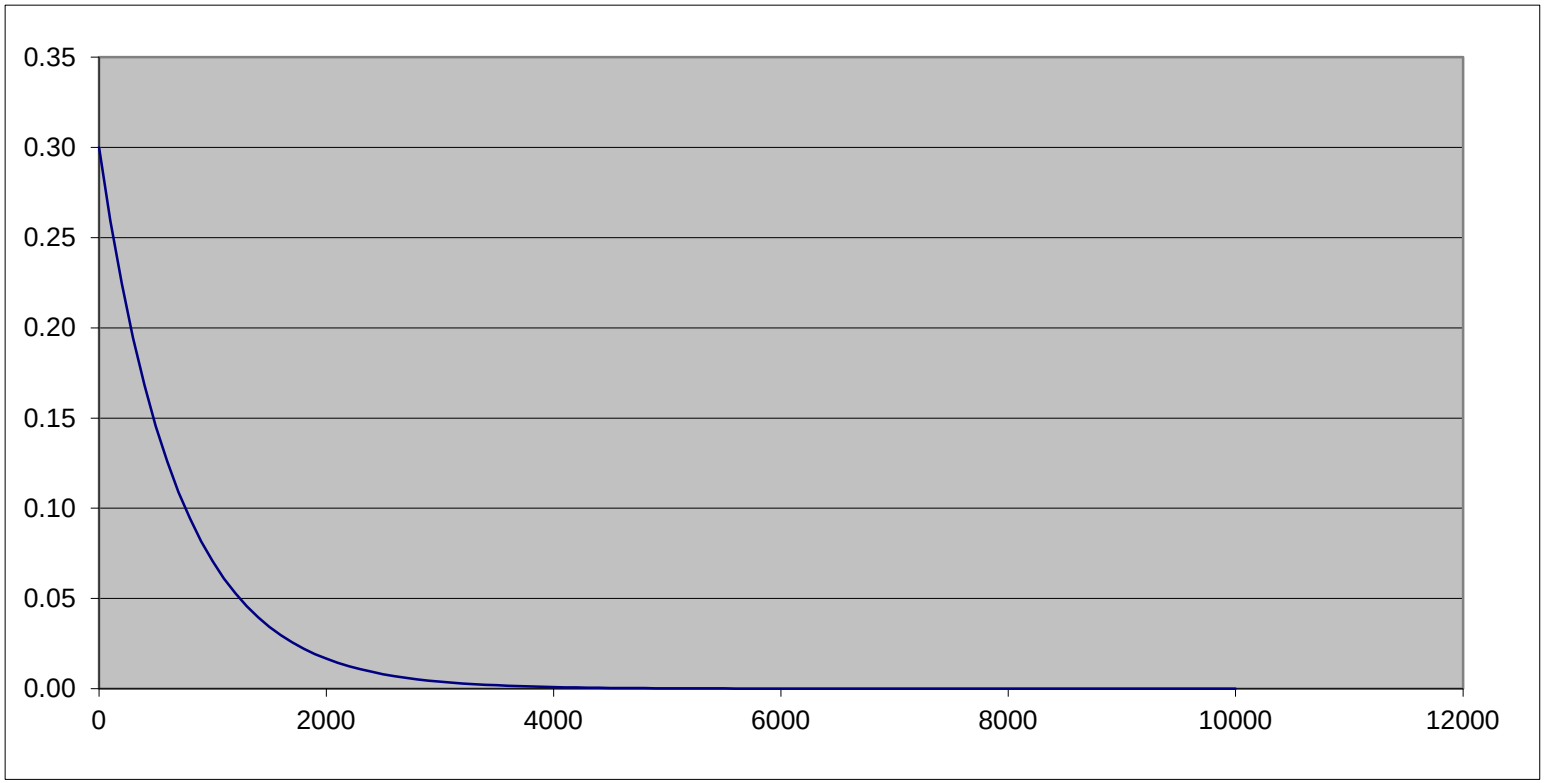
invoer			
	h(0)	1,3	m
	kD	2203	m2/d
	cdrainage	70	d
	cdeklaag	0	d
	dx	25	m

berekening			
	c*	70	d
	lambda	393	

% begineffect	afstand (m)
100	0
90	41
80	88
70	140
60	201
50	272
40	360
30	473
20	632
10	904
5	1176

uitvoer

x	dh
0	1,30
25	1,22
50	1,14
75	1,07
100	1,01
125	0,95
150	0,89
175	0,83
200	0,78
225	0,73
250	0,69
275	0,65
300	0,61
325	0,57
350	0,53
375	0,50
400	0,47
425	0,44
450	0,41



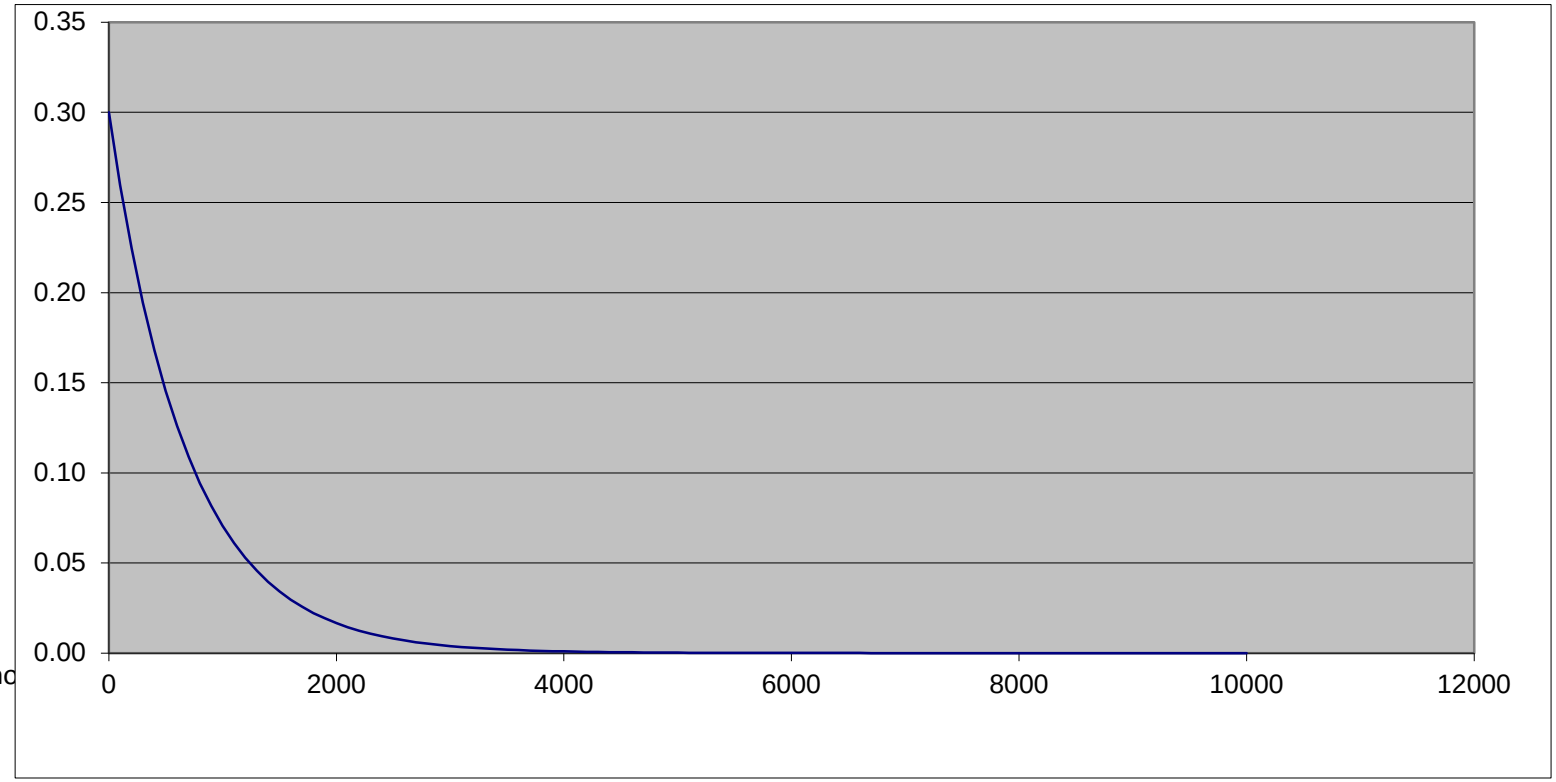
Bijlage 14

Situatie binnenstad Zwolle
Bij peilstijging van 1.30m en een drainageafstand van 250m

invoer	h(0)	1,3	m
	kD	2203	m2/d
	cdrainage	250	d
	cdeklaag	0	d
	dx	100	m
berekening	c*	250	d
	lambda	742	

uitvoer x	dh
0	1,30
100	1,14
200	0,99
300	0,87
400	0,76
500	0,66
600	0,58
700	0,51
800	0,44
900	0,39
1000	0,34
1100	0,30
1200	0,26
1300	0,23
1400	0,20
1500	0,17
1600	0,15
1700	0,13
1800	0,11
1900	0,10
2000	0,09
2100	0,08

% begineffect	afstand (m)
100	0
90	78
80	166
70	265
60	379
50	514
40	680
30	893
20	1194
10	1709
5	2223



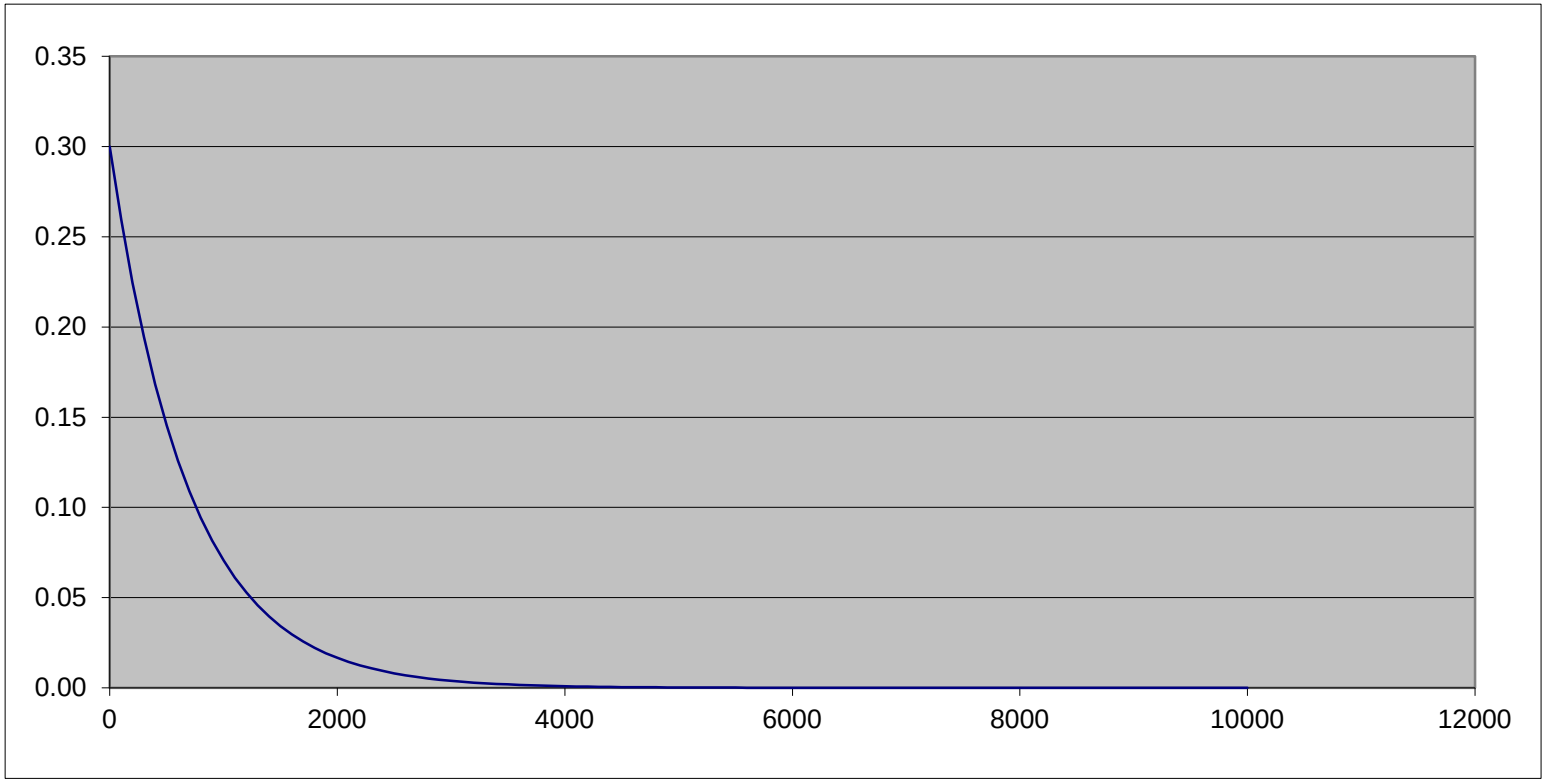
Bijlage 15

invoer	h(0)	1,3	m
	kD	1912	m2/d
	cdrainage	70	d
	cdeklaag	0	d
	dx	100	m
berekening	c*	70	d
	lambda	366	

uitvoer	x	dh
	0	1,30
	100	0,99
	200	0,75
	300	0,57
	400	0,44
	500	0,33
	600	0,25
	700	0,19
	800	0,15
	900	0,11
	1000	0,08
	1100	0,06
	1200	0,05
	1300	0,04
	1400	0,03
	1500	0,02
	1600	0,02
	1700	0,01
	1800	0,01
	1900	0,01
	2000	0,01
	2100	0,00
	2200	0,00
	2300	0,00
	2400	0,00
	2500	0,00

Situatie Stadshagen Zwolle
Bij peilstijging van 1.30m en een drainageafstand van 70m

% begineffect	afstand (m)
100	0
90	39
80	82
70	130
60	187
50	254
40	335
30	440
20	589
10	842
5	1096



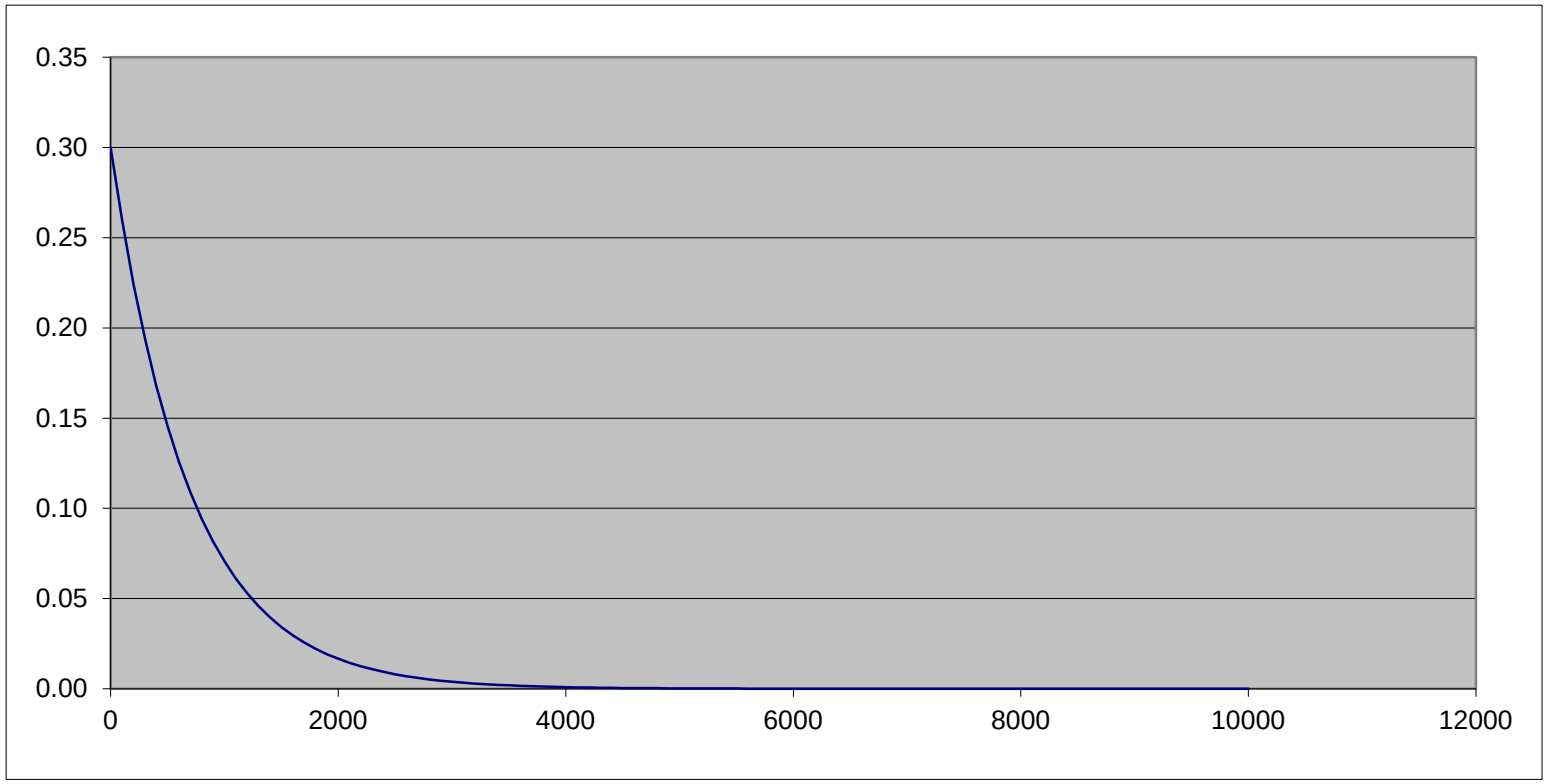
Bijlage 16

Situatie Stadshagen Zwolle
Bij peilstijging van 1.30m en een drainageafstand van 250m

invoer	h(0)	1,3	m
	kD	1912	m2/d
	cdrainage	250	d
	cdeklaag	0	d
	dx	100	m
berekening	c*	250	d
	lambda	691	

uitvoer x	dh
0	1,30
100	1,12
200	0,97
300	0,84
400	0,73
500	0,63
600	0,55
700	0,47
800	0,41
900	0,35
1000	0,31
1100	0,26
1200	0,23
1300	0,20
1400	0,17
1500	0,15
1600	0,13
1700	0,11
1800	0,10

% begineffect	afstand (m)
100	0
90	73
80	154
70	247
60	353
50	479
40	634
30	832
20	1113
10	1592
5	2071



Bijlage 17

Neerslag grafiek Zwolle (gegevens afkomstig van RWZI Zwolle)

