

# De Bollaak

Computermodellering als methode, hoogwaterbeheer als doel



Ministerie van de  
Vlaamse Gemeenschap  
afdeling Water



# De Bollaak

Computermodellering  
als methode,  
hoogwaterbeheer  
als doel

**Samenstelling en eindredactie**

Haskoning Belgium bvba  
Hanswijkdries 80  
2800 Mechelen  
Tel: 015-40 56 56 • Fax: 015-40 56 57  
E-mail: Info@Haskoning.be

**Redactieadvies**

Patrik Peeters, Ivo Terrens (AMINAL - afdeling Water)

**Fotografie**

Lieve Van Staeyen (afdeling Water)  
Haskoning Belgium

**Vormgeving**

www.tabeoka.be  
Cover naar een idee van Lieven Jacobs  
Stijl naar een idee van Luk Guillaume

**Depotnummer**

D/2003/3241/080

**Verantwoordelijke uitgever**

Paul Thomas, afdelingshoofd  
AMINAL - afdeling Water  
Alhambragebouw  
Emile Jacquainlaan 20, bus 5  
1000 Brussel  
Tel: 02-553 21 11 • Fax: 02-553 21 05  
E-mail: water@lin.vlaanderen.be

Het volledig rapport alsook de overzichtskaarten zijn in te kijken bij de afdeling Water.

Bij de afdeling Water kunnen ook publicaties bekomen worden die handelen over modelleringstechnieken en hedendaags hoogwaterbeheer. Of bel ons voor een mondelinge toelichting over de problematiek van de Bollaak.

**Lijst van alle stroomgebieden:**

Deze brochure over het stroomgebied van de Bollaak behoort tot een reeks van 22 brochures die vanaf 2002 gemaakt werden of worden. Ze behandelen de modelleringstudies van de stroomgebieden die deel uitmaken van het meerjarenprogramma van de afdeling Water, fase 3 (bestek 1999). Deze stroomgebieden zijn:  
het stroomgebied van de Poperingevaart, de Handzamevaart, de Kerkebeek, de Mandel, de Molenbeek te Wetteren, de Ledebeek afwaterend naar Lokeren, de Maarkebeek, de Wallebeek, de Kalkenvaart, de Benedenvliet, de Benedenschijn, de Mark, de Bollaak, de Kleine Nete en Aa, de Wimp, de Zuunbeek, de Winge, de Begijnebeek, de Gete en Melsterbeek, de Herk, de Voer en de Grote Laakbeek.



# Voorwoord

De afdeling Water van de Administratie Milieu-, Natuur-, Land- en Waterbeheer (AMINAL) die deel uitmaakt van het Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap is samen met andere instanties verantwoordelijk voor het waterbeheer in Vlaanderen. Zij beheert zelf de grotere onbevaarbare waterlopen. Deze waterlopen zorgen geregeld voor overstromingen, waarvan augustus 1996, september 1998 en december 1999 het meest bekend zijn. Het jaar 2002 spande niettemin de kroon met drie kritieke perioden, namelijk januari-februari 2002, augustus 2002, en de jaarovergang 2002-2003.

Het bedwingen van waterlopen is een oud streven van de mens. Maatregelen die in het verleden genomen werden om wateroverlast te vermijden, hadden vaak heel wat negatieve effecten. Ze gaven aanleiding tot een versnelde afvoer van de neerslag naar stroomafwaarts gelegen gebieden. Het overstromingsgevaar werd alleen maar verplaatst, niet opgelost.

Vandaag de dag wordt echter gestreefd naar integraal waterbeheer: het duurzaam beheren van het aanwezige water rekening houdend met de huidige en toekomstige noden van mens en natuur. Een onderdeel van integraal waterbeheer is de waterhuishouding, die zich vooral op de kwantitatieve aspecten van het waterbeheer richt. Integraal waterbeheer impliceert ook een andere visie op hoogwater. Het uitgangspunt daarbij is dat overstromingen een natuurlijk verschijnsel zijn die altijd zullen blijven voorkomen. Door het bouwen in overstromingsgebieden ontstaat er schade. De betrachting van de waterbeheerder was en is nog altijd om deze schade te beperken. Het verleden heeft geleerd dat de natuur nooit helemaal door de mens kan bedwongen worden.

## Ongewenste overstromingen

We moeten dus respect opbrengen voor het gedrag van het natuurlijk systeem. Meer zelfs, het kan ons de middelen aanreiken om onze huidige problemen aan te pakken.

Overstromingen zijn maar al te vaak een gevolg van het in een eng keurslijf dwingen van de waterloop. Door de natuurlijke functie van de valleigebieden als overstromingsgebied in ere te herstellen of te vrijwaren op plaatsen waar dit nog kan, kunnen we overstromingen op ongewenste plaatsen aanpakken. Alleen daar waar dit niet volstaat, moeten aanvullende infrastructuurwerken voorzien worden.

Dit principe is in verstedelijkt Vlaanderen niet altijd evident, maar het kan. Het herwaarderen van natuurlijke overstromingsgebieden heeft consequenties op de ruimtelijke bestemming en het huidige landgebruik. Ook de bevolking moet hierin haar verantwoordelijkheid opnemen.

Het binnen dit kader nemen van maatregelen, vergt een zorgvuldig handelen. Er is een grondig inzicht nodig in de af te voeren waterhoeveelheden, de stromingen van water binnen een



Verkeersproblemen door overstroming van de Bollaak ter hoogte van de Nijlensesteenweg te Broechem.

stroomgebied en de buffermogelijkheden in de valleigebeden. Bovendien moeten de verschillende aanspraken op het aanwezige water in het stroomgebied mee in rekening gebracht worden. Belangen moeten dus worden afgewogen, meerdere alternatieven met elkaar vergeleken, eventueel negatieve effecten ondervangen.

### Wateroverlast aanpakken

Om deze principes in de praktijk om te zetten heeft de afdeling Water een aanpak ontwikkeld die bestaat uit studies, overlegstructuren en beleidsplanning. Deze aanpak wordt via een meerjarenprogramma toegepast voor alle waterlopen en hun stroomgebied die onder de bevoegdheid van de afdeling Water vallen.

Infrastructuurwerken aan waterlopen worden voorafgegaan door studies, uitgevoerd door

externe studiebureaus. Men noemt dit modelleringstudies, omdat er gebruik gemaakt wordt van computermodellen die de werkelijkheid nabootsen. Ze laten toe om de effecten van mogelijke ingrepen te voorspellen. Bovendien wordt steeds uitgegaan van het volledig stroomgebied. Elke studie is opgebouwd uit 3 luiken: (i) een inventarisatieluik waarin alle watergerelateerde gegevens worden bijeengebracht en geïnterpreteerd naar hun invloed op het watersysteem; (ii) een hydrologisch luik waarin de karakteristieken van de neerslag en de afvoer ervan over het land naar de waterloop worden geanalyseerd en (iii) een hydraulisch luik waarin de stroming in de waterloop wordt gesimuleerd en de effecten van verschillende alternatieve oplossingen voor de bestaande knelpunten worden voorspeld en vergeleken.



Overstroming van de Bollaak (uiterst rechts in beeld) en de Bollaakdijk te Ranst (Emblem) geeft weinig of geen overlast; de waterloop neemt hier zijn nog aanwezige winterbed in.

### Lokaal overleg belangrijk

De studies worden begeleid door een lokaal wateroverleg: een groep van specialisten die als waterbeheerder of als vertegenwoordiger van een bepaald maatschappelijk belang de plaatselijke problemen kennen en die aan de oplossing kunnen meewerken. Op deze manier ontstaat door het samenbrengen van verschillende disciplines en bevoegdheden een ruim draagvlak voor de te nemen maatregelen.

De resultaten van de studies en het overleg daarrond worden vervolgens neergeschreven in beleidsplannen, die het integraal waterbeheer in Vlaanderen moeten omzetten naar de praktijk. Het is de bedoeling dat alle waterbeheerders daarbij samenwerken, en eenieder zijn verantwoordelijkheid opneemt. Momenteel is men gestart met de opmaak van de bekkenbeheerplannen. Dit zijn geïntegreerde plannen op bekkeniveau die de aspecten waterkwantiteit, waterkwaliteit en natuurlijk milieu gezamenlijk behandelen. Op lokaal niveau (deelbekkens) zullen de DuLo-waterplannen vorm geven aan het kleinschalig waterbeheer. De waterhuishoudingsplannen van polders en wateringeng zullen de kwantiteitsaspecten meer in detail uitwerken met het oog op een geïntegreerd beheer van de kleinere waterlopen.

### Het stroomgebied van de Bollaak ter studie

Deze brochure stelt de resultaten voor van één van dergelijke studies, nl. voor het stroomgebied van de Bollaak. Het stroomgebied van de Bollaak vormt een onderdeel van het hydrografisch bekken van de Nete.

De studie werd uitgevoerd door het studiebureau Haskoning Belgium. Verschillende afdelingen en wetenschappelijke instellingen van AMINAL, de afdeling Zeeschelde van AWZ, de afdeling Land- en Tuinbouw van ALT, de Vlaamse Milieumaatschappij, de Vlaamse Landmaatschappij, de provincie Antwerpen, de lokale gemeenten, Aquafin, Antwerpse Waterwerken en PIDPA, waren betrokken bij het lokaal wateroverleg.

Met deze brochure wenst de afdeling Water de betrokkenen in te lichten over de gevolgde methode en de geplande maatregelen die de komende jaren in het stroomgebied van de Bollaak zullen worden uitgevoerd. Zij moeten in eerste instantie de wateroverlastproblemen aanpakken. Daarnaast laat de afdeling Water ook een ecologische inventarisatie en visievorming voor de vallei van de Bollaak opstellen. Doelstelling van deze studie is na te gaan in welke mate kan gezorgd worden voor een ecologisch herstel van de waterloop en haar vallei. Het ontwerp van de maatregelen zal uiteindelijk steunen op de resultaten van al deze studies. Later zal de verzamelde informatie verder opgenomen worden in het op te stellen bekkenbeheerplan voor het Netebekken.

**AMINAL - afdeling Water**  
**November 2004**

*Het waterglas hiernaast symboliseert het nieuwe concept van integraal waterbeheer, zoals opgenomen in de missie en strategie van de afdeling Water.*



# De afdeling Water

*De afdeling Water maakt deel uit van de Vlaamse leefmilieu-administratie AMINAL. Zij is actief op verschillende fronten.*

*Eerst en vooral concentreert de afdeling Water zich op de oprichting van een duidelijk rivierbekkenbeleid. Een goede overlegstructuur en organisatie per stroomgebied is immers nodig om aan 'integraal' waterbeheer te doen. Daarbij worden oppervlaktewater, grondwater, waterloopstructuur en oevers met de bijhorende levensgemeenschappen, als één samenhangend watersysteem beschouwd en beheerd. Verschillende aspecten waaronder milieu, ruimtelijke ordening, landschap, recreatie en economische sectoren worden bij dit beheer betrokken.*

*De afdeling Water zet zich ook in voor het behoud van een kwantitatief evenwicht in de watersystemen. Hierbij moet een duurzame balans tussen de onttrekking van water en de hervoeding van de watersystemen worden nagestreefd.*

*Grondwatertekorten worden vermeden door onder meer het verminderen van waterverspilling en door meer regenwater, oppervlaktewater en gezuiverd afvalwater te gebruiken. Gevallen van watertoevloed (bvb. overstromingen) worden aangepakt door de uitvoering van infrastructuurwerken en door richtlijnen op de ruimtelijke ordening en het landgebruik.*

*Verder besteedt de afdeling Water heel wat aandacht aan het herstellen van de biodiversiteit van watergebonden ecosystemen. Waterlopen en valleien moeten in deze visie de ruggengraat worden van natuurgebieden door de heraanleg van de bedding en de omgeving op een natuurlijke manier. Ook de verontreiniging van grond- en oppervlaktewater door puntlozingen en diffuse lozingen (pesticiden, meststoffen) krijgt de nodige aandacht door nieuwe wetgeving en voorlichting van bevolking, landbouw en industrie.*

*Concreet vertalen deze verschillende aandachtspunten in de werking van de afdeling Water zich in allerhande activiteiten:*

*het opstellen en uitbouwen van meetnetten, databanken en computermodellen van waterlopen en ondergrondse waterlagen, het opmaken en overleggen van beleidsplannen en kaartmateriaal voor waterhuishouding en rivierbekkenbeheer, het opstellen van wetgeving voor het beheer van oppervlaktewater, grond- en drinkwater, het sensibiliseren en stimuleren van burgers, bedrijfssectoren en overheden, het ontwerpen, uitvoeren, ondersteunen, adviseren, vergunnen en controleren van concrete projecten waaronder de bouw en aanleg van overstromingsgebieden en wachtbekkens, computergestuurde pompstations en kunstwerken, natuurlijke oevers en visdoorgangen, infiltratiegebieden en kleinschalige waterzuivering, het ruimen van slib en het bestrijden van muskusratten, het vergunnen van grondwaterwinningen en drinkwaterbeschermingszones, de erkenning van laboratoria voor wateranalyses, de subsidiëring van polders en wateringen en de controle op de investeringen van Aquafin...*

*Voor de uitvoering van dit alles beschikt de afdeling Water over een jaarlijks begrotingsbudget van ca. 45.000.000 EUR (1,8 miljard BEF), de investeringen van Aquafin en de subsidies voor gemeentelijke rioleringen niet meegerekend, en telt een 265-tal medewerkers, waaronder een ploeg van 100 muskusrattenbestrijders. Naast het hoofdbestuur te Brussel zijn er 5 buitendiensten, in de provinciale hoofdsteden Antwerpen, Leuven, Brugge, Gent en Hasselt.*

# 1 Het stroomgebied van de Bollaak

---

Het stroomgebied van een waterloop is het volledige aardoppervlak waarvan het regenwater dat erop valt, naar die waterloop wordt afgevoerd. Dat kan rechtstreeks gebeuren, via afvoer over de grond, of via kleinere beken en grachten.

---

De aflijning van een stroomgebied gebeurt aan de hand van topografische kaarten en veldwaarnemingen, waarbij respectievelijk de zogenaamde waterscheidingskammen en de stromingsrichting van de kleinere zijbeken vastgesteld wordt. Het stroomgebied van de Bollaak beslaat een oppervlakte van 152,19 km<sup>2</sup> en ligt in de provincie Antwerpen, op het grondgebied van de gemeenten Brecht, Rijkevorsel, Malle, Beerse, Zoersel, Lille, Ranst, Zandhoven, Vorselaar, Nijlen en Grobbendonk.

De Bollaak mondt uit in de Kleine Nete ten noorden van Lier en behoort daarom tot het Netebekken. In het zuiden wordt het stroomgebied begrensd door de dijk van de Kleine Nete. De oostelijke grens wordt gevormd door de waterscheiding tussen de Bollaak en de vallei van de Aa, de grootste zijrivier van de Kleine Nete. De noordelijke grens van de Bollaak valt samen met de waterscheidingskam tussen het Netebekken in het zuiden en het Maasbekken in het noorden (stroomgebied van de Mark). In het westen wordt het stroomgebied van de Bollaak begrensd door de waterscheidingskam tussen het Netebekken en het bekken van de Benedenschelde (stroomgebied van de Grote Schijn).

## Reliëf

De topografie van het stroomgebied wordt bepaald door de Formatie van de Kempen. Deze formatie vormt een oost-west rug over de gehele Noorderkempen. De kleilagen van deze formatie vormen een micro-cuesta. Dit betekent dat de ligging van deze formatie duidelijk in het landschap zichtbaar is omdat ze een hoogte vormen. Ten zuiden van deze cuesta daalt het reliëf tot de rivierbasis van de Westerschelde. Het stroomgebied van de Bollaak bevindt zich ten zuiden van deze formatie. In het noorden loopt de hoogte op tot 30 meter boven zeeniveau. Het hoogste punt bevindt zich in de gemeente

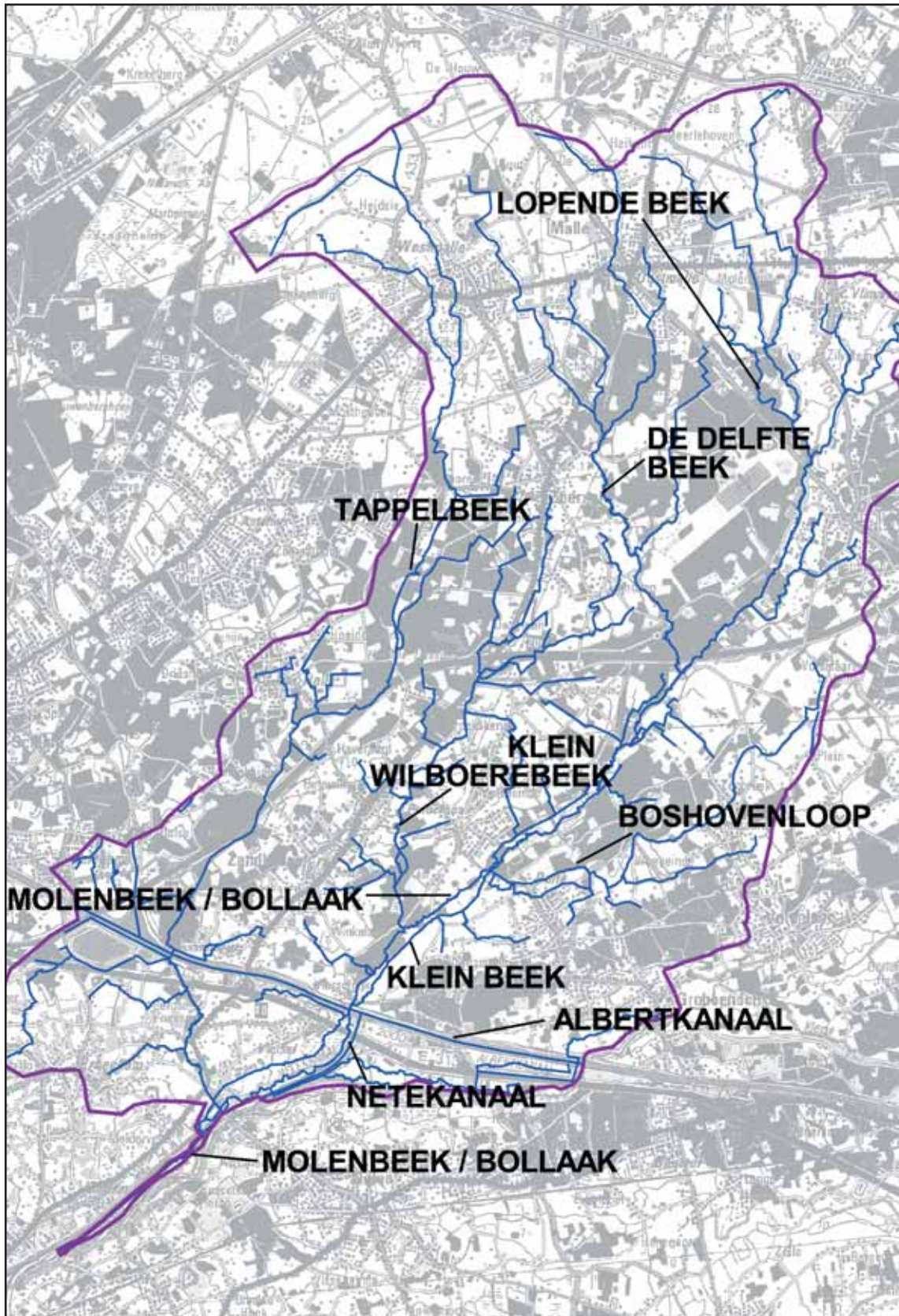
Malle op de Brechtse Heide, met een hoogte van 32 meter. Het reliëf daalt tot 4 meter boven zeeniveau in de Netevallei. De waterlopen hebben zich gemiddeld 2 tot 3 meter diep ingesneden in het landschap.

## Bodem en Geologie

De aard van de bodem en de ondergrond bepaalt in sterke mate het afstromingsgedrag van regenwater in een stroomgebied.

In eerste instantie is de aard van de bovengrond of het bodemtype van belang. Het bodemtype is in kaart gebracht door het Centrum voor Bodemkartering. Het bodemtype bepaalt de mogelijkheid voor regenwater om in de bodem te dringen. In het overgrote deel van het stroomgebied komt een hoofdtextuur van zand en lemig zand voor. Zand laat water vrij gemakkelijk door. In het uiterste zuiden komt rond de Nete een zone met klei voor. Ook de omgeving van Zoerselbos (Tappelbeek) bevat klei. De kleiige texturen laten zeer slecht water door en worden als vrij ondoordlatend beschouwd.

De aard van de diepere ondergrond bepaalt eveneens de mogelijkheid om regenwater op te slaan. De bovenste lagen bestaan uit Quartaire afzettingen, die tot 1,65 miljoen jaar oud kunnen zijn. In het stroomgebied van de Bollaak bestaan die vooral uit zandige materialen. Het Quartair heeft een geringe dikte van 5 meter. Onder de Quartaire lagen liggen de Tertiaire lagen, met een ouderdom van 1,65 tot 65 miljoen jaar. In het stroomgebied van de Bollaak worden ook die lagen gekenmerkt door een zeer dik pakket van zandige lagen, zoals de Formatie van Brasschaat, de Formatie van Lillo/Poederlee, de Formatie van Kasterlee, de Formatie van Diest en de Formatie van Berchem. Al deze sedimenten bestaan uit (grof) zand.



De Bollaak loopt van noord naar zuid, evenals de meeste van zijn zijbeken. De grootste zijbeek is de Tappelbeek, een waterloop van tweede categorie. Deze beek werd gemodelleerd in opdracht van haar wettelijke beheerder, de provincie Antwerpen. Een tweede belangrijke zijbeek is de Kleine Beek. Deze waterloop stroomt grotendeels parallel met de Bollaak. Afwaarts duikt de Bollaak onder het Netekanaal door alvorens via een kleppenstructuur in de Kleine Nete uit te monden.

De namen van de formaties verwijzen naar de (huidige) plaatsen tot waar de oerzeeën, die deze zandpakketten afgezet hebben, toen reikten. De Tertiaire laag heeft in het stroomgebied van de Bollaak een dikte tussen 30 en 70 meter en vormt één groot watervoerend pakket. Afhankelijk van de diepte van de grondwaterstand is er dus een groot potentieel aanwezig om water in op te slaan. Deze Formaties worden onderaan afgesloten door de Formatie van Boom, een zeer dik (100-150 meter) pakket bestaande uit zware klei, die ondoorlatend voor water is.

## Landgebruik

Het landgebruik is bepaald aan de hand van terreinbezoeken, luchtfoto's en verwerkte satelliet-

beelden. Deze gegevens werden aangevuld met mondeling verstrekte informatie van de plaatselijke bevolking.

In het stroomgebied bevinden zich 4 belangrijke dorpskernen met een relatief dichte bebouwing: Malle, Zoersel, Zandhoven en Ranst. Verder worden de belangrijkste wegen omzoomd door lintbebouwing.

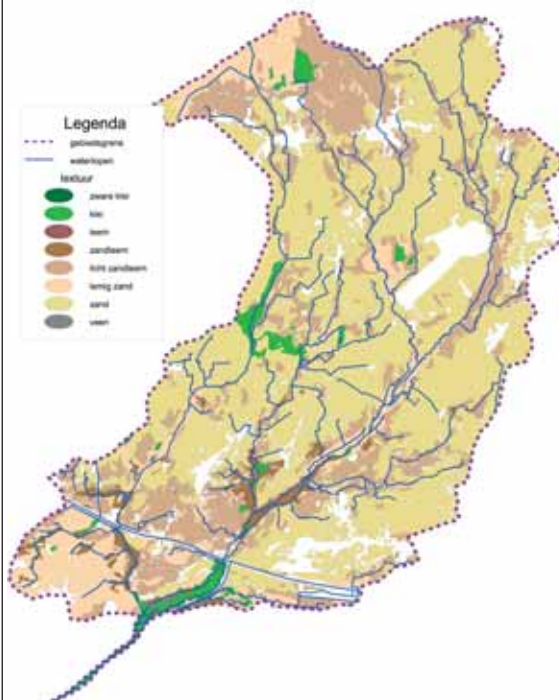
Het stroomgebied bestaat voor ongeveer 18% uit verharde oppervlakte (industrie, bebouwing en wegen); ca. 50% van het gebied bestaat uit open landschap. Hiervan is 20% weiland en is 30% akkerland. Er is nog ongeveer 30% bos en zelfs een klein aandeel heide, zo'n 1,5%.

## De ecologische waarde van het stroomgebied

De meeste boven- en zijlopen van de Bollaak stromen door waardevolle gebieden zoals het uitgestrekte bos- en heidecomplex rond het vliegveld van Malle, het vijvergebied Krabbels ter hoogte van Pulle en het Binnenbos net stroomopwaarts van het Albertkanaal. Eén bovenloop, de Kleine Wilboerebeek, ontspringt in het bosrijke natuurgebied Zoerselbos en stroomt via het Binnenbos naar de Bollaak. Ook de Tappelbeek die ter hoogte van de samenvloeiing met de Kleine Nete met de Bollaak versmelt, stroomt stroomopwaarts doorheen het Zoerselbos. De bosgebieden behoren tot het Habitatrichtlijngebied 'Bos- en heidegebieden ten oosten van Antwerpen' en bestaan uit een variatie van bostypen.

Het meest voorkomende type is het Viola-Quercetum, een rijker type eikenberkenbos met een ondergroei van Pijpestrootje, Adelaarsvaren, Bochtige en Ruwe smele, Smalle stekelvaren,

Het stroomgebied van de Bollaak bestaat voornamelijk uit zand (geelgroen ingekleurd) en lemig zand (bruine kleuren). Sporadisch komt klei voor (donkergroen).



## Quartaire geschiedenis

Tijdens het Pleistoceen, de tijdsspanne tussen 1,65 miljoen jaar en 10.000 jaar geleden, toen de zee die over de huidige Kempen lag zich naar het noorden terug trok, treedt er een verhoogde erosie op van de schorre- en kleiplaten die voordien door diezelfde oprukkende zee afgezet waren. Hierdoor werden de met zand gevulde wadden en geulen bedekt met een kleilaag. Op bepaalde plaatsen snijdt het naar zee aflopend regenwater zich in de kleilagen in. Door deze riviererosie ontstaat er een kleidal. Dit is onder meer het geval voor de bovenloop van de Delftse Beek en de Lopende Beek, in het noorden van het stroomgebied van de Bollaak. Gedurende de tussenijstijden, waar het warmer was, worden er door de wind meegevoerde sedimenten afgezet. Deze sedimenten vormen een dekmantel van leemhoudend fijn zand, die zorgt voor een afzwakking van het reliëf. In een derde fase werd door de noordwestenwind rivierpuin van het Scheldebekken verplaatst. Door de accumulatie van stuifzanden ontstaat het duinlandschap van de Noorderkempen. Tijdens deze periode ontstaan ook de veenplaten in de stilstaande waters.

Dubbelloof, Wilde kamperfoelie en plaatselijk ook Dalkruid en Witte klaverzuring.

In de struiklaag kunnen ook soorten als Wilde Lijsterbes, Spork en Hulst worden aangetroffen.

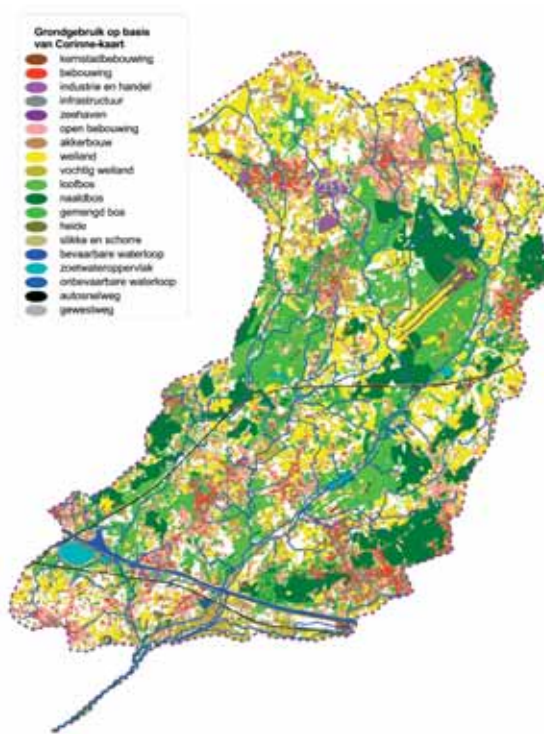
De armste gronden - de droge zandgronden op de valleirand - werden grotendeels beplant met Grove den. Door de ineenstorting van de naaldhoutmarkt worden deze bestanden momenteel nagenoeg niet meer onderhouden waardoor ze geleidelijk evolueren naar eikenberkenbos.

Stroomafwaarts van de E34 worden de beekbegeleidende gronden natter. Hier kunnen ook de grootste floristische natuurwaarden worden teruggevonden. Voorbeelden van kwelrijke, beekbegeleidende bossen zijn het Binnenbos en de hooilanden, rietmoerassen en elzenbroeken langs de Bollaak ter hoogte van Pulderbos. Ter hoogte van het Albertkanaal stroomt de Bollaak doorheen het Habitatrichtlijngebied 'Valleigebied van de Kleine Nete', een complex van natte hooilanden, elzenbroekbos en wilgenstruwelen. Een aantal van deze percelen werd met populieren beplant.

Op sommige lokaties krijgt de waterloop nog alle vrijheid, zoals bijvoorbeeld in het natuurreservaat 'De Kluis' tussen Zoersel en Pulderbos. Regelmatig vallen hier bomen in de waterloop waardoor plaatselijk opstuwingen en overstromingen voorkomen of nieuwe meanders worden gevormd. Het beekbegeleidend bos wordt hier door drogere bostypes gevormd zoals wintereiken-beukenbos en elzen-eikenbos. Ook het gedeelte van de Tappelbeek dat doorheen het Zoerselbos stroomt, krijgt er een ruime bewegingsvrijheid. De kronkelende en regelmatig overstromende Tappelbeek wordt er begeleid door oude dotterhooilanden en elzenbroekbossen.

De Rivierdonderpad, een soort uit de bijlage IV van de Habitatrichtlijn, vindt in het bekken van de Bollaak (Tappelbeek, Bollaak en Molenbeek) in het Netebekken (en dus ook in Vlaanderen) één van haar laatste grote en stabiele populaties.

Deze soort blijkt naast een redelijke waterkwaliteit een bijzonder belang te hechten aan de



Het grootste gedeelte van het stroomgebied van de Bollaak wordt gebruikt als bos (groene kleuren), weiden (geel) en bebouwing (rode tinten)

Op sommige plaatsen krijgt de Bollaak meer vrijheid en worden inspanningen gedaan om haar terug een meer natuurlijke vallei te geven.

rivierstructuur. In het Netebekken blijkt de soort oorspronkelijk aan de zandsteenbanken in de bedding gebonden te zijn. Actueel zijn deze plaatselijk verdwenen door ruiming.

Vervangbiotopen voor deze soort zijn stenen en bouwafval die her en der in de bedding terecht gekomen zijn.



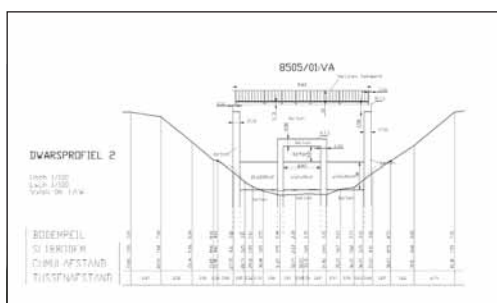
watermolen van Viersel

## 2 Het afstromingsgedrag van de Bollaak

Vanaf de Pulse Baan stroomt de Bollaak parallel met de Kleine Beek. Beide waterlopen stromen in een laaggelegen vallei. Tussen beide waterlopen bevinden zich weilanden die aangeduid zijn als overstromingszones, en dit vanaf de Pulse Baan tot de onderdoorgang met het Albertkanaal en verder voorbij het Albertkanaal tot de samenvloeiing van beide waterlopen.

Tijdens hoogwater is er een duidelijke interactie tussen beide waterlopen. Er kan water van de Bollaak overstromen via de weilanden naar de Kleine Beek en omgekeerd. De Bollaak stroomt gravitair af in de Kleine Nete ten noorden van Lier. Dat is enkel mogelijk bij laagtij. Tijdens hoogtij en bij hoge waterstanden op de Nete is er geen afvoer mogelijk. Het water wordt dan opgehouden in de Bollaak. Het water afkomstig

van de Tappelbeek en de Kleine Beek kan op zijn beurt dan ook niet meer afstromen in de Bollaak. Daardoor ontstaat opstuwing ter hoogte van de samenvloeiing, die zich stroomopwaarts voortplant. De invloed van deze opstuwing wordt waargenomen tot de onderdoorgang van de Bollaak en de Kleine Beek onder het Albertkanaal.



**Figuur van het kleppencomplex: Aan de monding van de Bollaak in de Kleine Nete bevindt zich een kunstwerk met 6 terugslagkleppen. Bij laagtij in de Kleine Nete worden deze kleppen door het water van de Bollaak open gedruwd en is afvoer mogelijk. Bij hoogtij worden de kleppen dicht gedrukt door de Nete en is er geen afvoer van de Bollaak in de Kleine Nete meer mogelijk.**

Op de Bollaak bevindt er zich een limnigraaf (een permanent registrerende waterpeilmeter) ter hoogte van de Pulsebaan. Er zijn metingen beschikbaar vanaf 1987. De limnigraaf is evenwel geplaatst ter hoogte van een overstromingszone.

Tijdens perioden van hoge afvoer treden er ter hoogte van de limnigraaf overstromingen op en wordt ook een deel van het water afgeleid door de bypass. Daardoor wordt in perioden van hoge afvoer een deel van de afstroming niet gemeten.

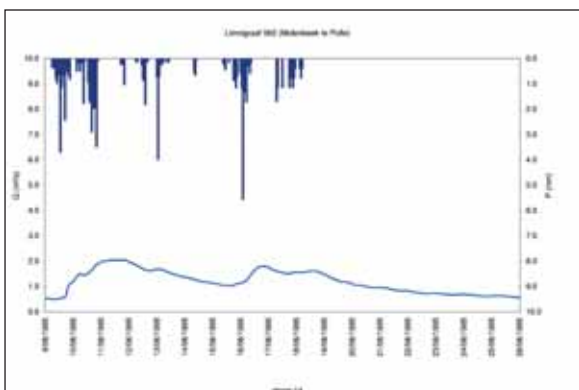
Tevens kruisen de Kleine Beek en de Bollaak elkaar daar. De van het westen komende Kleine Beek stroomt via een onderdoorgang onder de Bollaak, waarna ze beide via afzonderlijke buizen onder de Pulse Baan doorgaan. Vanaf dan lopen ze parallel aan elkaar tot de monding van de Kleine Beek in de Bollaak. Tijdens perioden van hoge afvoer treden er ter hoogte van de limnigraaf overstromingen op, zowel van de Bollaak

als van de Kleine Beek. Het water spreidt zich over een grote vlakte uit, waardoor de peilen in de waterlopen zelf afgevlakt worden. Ook stroomt dan een deel van het toekomstige water in de Bollaak via de overstromingsvlakte naar de Kleine Beek. De limnigraaf meet dus niet alle water dat van de Bollaak afkomstig is. Er wordt een aftopping van het peil vastgesteld vanaf 1,2 m (wat overeenkomt met een debiet vanaf 2 m<sup>3</sup>/s).

Voorheen werd aangenomen dat de afvoerende oppervlakte ter hoogte van de limnigraaf 75,12 km<sup>2</sup> bedroeg. Een analyse van de stroomgebiedsgrenzen en de hydrologische modellering tonen echter aan dat de afvoerende oppervlakte daar slechts 55,23 km<sup>2</sup> of 36,29 % van het totale stroomgebied bedraagt. Vooral in het noordoosten lagen gebieden die vroeger ten onrechte tot het stroomgebied van de Bollaak gerekend werden.

Uit een analyse van de grootste stormen blijkt dat de afvoercoëfficiënten, die de verhouding geven tussen de gevallen neerslag en hetgeen hiervan als hoogwater in de waterloop wordt teruggevonden, variëren tussen 14 en 50%.

Limnigram ter hoogte van de limnigraaf, dat de typische klokvormige waterpeilschommelingen weergeeft (onderaan) na neerslag (bovenaan aangegeuid).



Kaartje rechts: ligging van de limnigraaf in het stroomgebied.

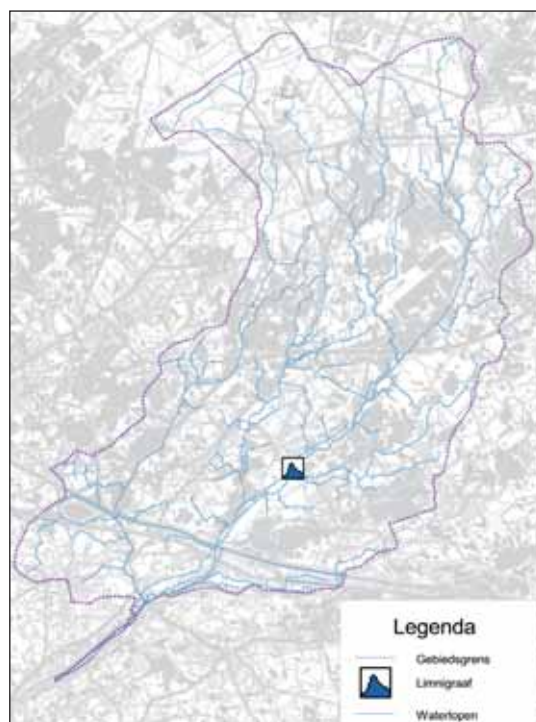


Foto links: limnigraaf aan de Pulsebaan. In de buis hangt een vlotter die via een stift in de kast bovenaan de waterpeilschommelingen overbrengt op een papierrol.





## Overstromingszones

Op basis van terreinverkenningen, gesprekken met terreinbeheerders en bewoners en fotomateriaal van de gemeenten zijn de belangrijkste overstromingsgebieden in kaart gebracht.

1. In het stroomopwaarts deel van het stroomgebied situeren zich enkele knelpunten ter hoogte van onderdoorgangen en aansluitingen van rioleringen met de waterloop. Het betreft hoofdzakelijk kunstwerken die fout gedimensioneerd zijn of slecht functionerende pompinstallaties.

2. Een aantal overstromingen doen zich voor ter hoogte van weilanden en akkers. Tevens worden overstromingen gemeld in gebieden die op het gewestplan reeds ingekleurd zijn als overstromingsgebied, en in het Zoerselbos. Geen enkele van deze overstromingen worden door de gemeenten als knelpunt ervaren.

3. Tenslotte zijn er nog een aantal overstromingen, hoofdzakelijk in de gemeente Ranst, die



veroorzaakt worden doordat tijdens hoogwater op de Nete geen afstroming mogelijk is van de Tappelbeek naar de Bollaak.

**Bollaak tussen het Albertkanaal (eindpunt sifon vooraan) en de E313 (achtergrond, met de beruchte brug van Pulle die 30 jaar geleden in volle verkeer instortte), september 1998. Deze weilanden treden van oudsher en met de regelmaat van de klok op als natuurlijke overstromingsgebieden. Nergens wordt deze functie zo treffend geïllustreerd als in het bekkenn van de Kleine Nete, waar de Bollaak trouwens deel van uitmaakt.**

Een aantal factoren bepalen of overstromingen al dan niet optreden. Niet enkel de verdamping maar vooral de neerslag in het gebied is sterk bepalend. Daarnaast speelt de klimatologische voorgeschiedenis eveneens een belangrijke rol. Uiteindelijk zijn de eigenschappen van het stroomgebied en de waterlopen (het afstromingsgedrag van het stroomgebied en van de waterloop) doorslaggevend voor het al dan niet voorkomen van overstromingen.

## Neerslag en verdamping

De hoeveelheid neerslag die binnen een welbepaalde periode valt, is uiteraard sterk bepalend voor het al dan niet optreden van overstromingen. Een deel van de neerslag wordt opgevangen door de aanwezige vegetatie. Het resterende deel valt op de bodem waar het kan stagneren of infiltreren. Afhankelijk van de helling van het terrein kan een deel van het water ook oppervlakkig afgevoerd worden. Via kleinere sloten en beken komt het uiteindelijk in de hoofdwaterloop terecht. Ook de verdamping speelt een rol. De verdamping kent een seizoenaal verloop en is veel groter in de zomer en bijna onbestaand in de wintermaanden. Verdamping treedt op via evaporatie vanop de aanwezige vegetatie of rechtstreeks vanuit open watervlakten of de bodem. Tijdens regenrijke perioden in de wintermaanden kan men er van uitgaan dat verdamping een ondergeschikte rol speelt.

## Klimatologische voorgeschiedenis

De impact van een regenbui op de waterloop is niet enkel afhankelijk van de neerslaghoeveelheid van die regenbui maar tevens van de voorgeschiedenis van de weersomstandigheden. Dit wil zeggen dat eveneens rekening dient te worden gehouden met de bodemgesteldheid. Na een lange periode van neerslag is de bodem volledig verzadigd. Dit betekent dat geen water meer zal infiltreren in de bodem. Alle neerslag stroomt als snelle afvoer naar de waterloop. Na een lange periode van droogte kunnen bepaalde bodems zodanig uitgedroogd zijn dat bij het vallen van neerslag in eerste instantie geen infiltratie plaatsvindt (het zogenaamd dichtslaan van de bodem). Op dat moment kan de bodem beschouwd worden als een verhard oppervlak dat hetzelfde afstromingsgedrag als verharde oppervlakten vertoont.

## Eigenschappen van het stroomgebied en aard van de waterlopen

De eigenschappen van het stroomgebied spelen eveneens een belangrijke rol bij het al dan niet optreden van overstromingen. Indien een groot deel van het gebied door bebouwing verhard is, treedt een

versnelde afvoer naar de waterlopen op. Door de aanleg van een goed werkend maar niet gescheiden rioleringsstelsel wordt deze afvoer nog versneld. Hierdoor worden hogere piekdebieten op de waterloop genoteerd. Ook ander grondgebruik kan een belangrijke invloed hebben. Zo voeren goed gedraineerde akkers het water sneller af terwijl weinig gedraineerde weiden en bossen het water trager afgeven.

Het bodemtype bepaalt in welke mate water naar de ondergrond kan infiltreren. Zo laat een zandig bodemtype infiltratie makkelijk toe. Het geïnfiltreerde water kan in de diepere ondergrond opgeslagen worden indien een watervoerend pakket aanwezig is en indien de grondwatertaf voldoende diep gelegen is. Indien het een lemig of kleiig bodemtype betreft, wordt infiltratie bemoeilijkt en zal het water stagneren. De helling en de aanwezigheid van drainagesloten bepalen in welke mate dit stagnerend water snel naar de hoofdwaterloop afgevoerd wordt. Indien de helling in een gebied heel groot is, kan zelfs bij een goed doorlatende bodem nog een aanzienlijke hoeveelheid water gewoon afstromen.

De vorm en de hellingsgraad van het stroomgebied spelen eveneens een belangrijke rol. De afstand die het water moet afleggen vooraleer het de waterloop bereikt, is naast de helling en de aanwezigheid van kleinere drainagesloten bepalend voor de snelheid waarmee het water de rivier bereikt.

Natuurlijk  
overstromings-  
gebied van de  
Bollaak (vooraan)  
ter hoogte van de  
RWZI van  
Pulderbos.



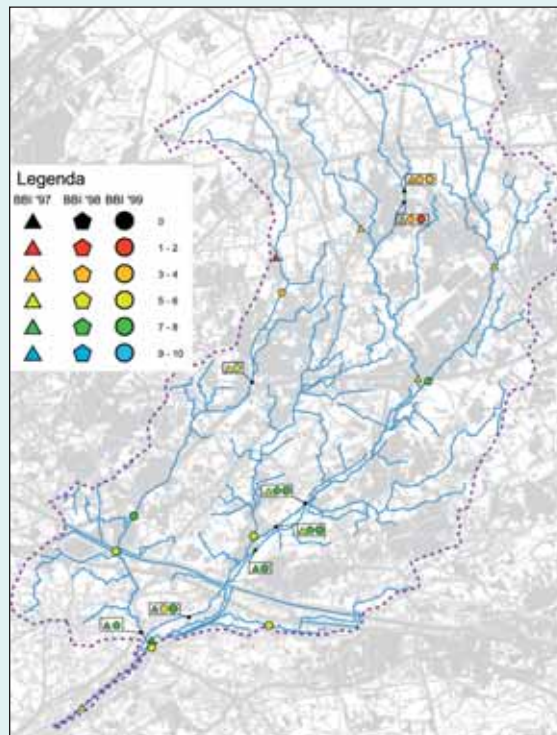
# 3 Het belang van kwaliteit van water en oevers

In het huidige integraal waterbeheer zijn niet alleen de afgevoerde waterhoeveelheden en de overstromingen belangrijk. Ook bijvoorbeeld de waterkwaliteit en het uitzicht van de waterlopen moeten onze aandacht genieten, willen we komen tot hoogwaardige watersystemen.

De typologie van een waterloop is gebaseerd op de waterkwaliteit van het oppervlaktewater en de structuurkenmerken van de waterloop. De waterkwaliteit wordt bepaald aan de hand van fysisch-chemische en biotische analyses. De waterkwaliteit wordt ingedeeld in 3 groepen: goed-matig-slecht.

De structuurkenmerken zijn meandering, pool-riffle patroon en holle oevers. Binnen de structuurkenmerken worden waterlopen die onderhevig zijn aan het getij en waterlopen die zich situeren in de alluviale vlakte van een rivier apart geklasseerd. Bij getijderivieren is de structuurindeling gebaseerd op oeverversteving en de aanwezigheid van slikken en schorren. Voor waterlopen in het alluviaal gebied zijn de structuurkenmerken gebaseerd op de aanwezigheid en het type van oeverversterking. Bij alle andere waterlopen worden de structuurkenmerken bepaald aan de hand van de aanwezigheid van holle oevers, meanders, pool-riffle patronen, oeverversterking en waterplanten. De structuurkenmerken worden algemeen ingedeeld in 2 groepen: goed - matig tot slecht.

Voor de bepaling van de fysisch-chemische waterkwaliteit worden een aantal chemische parameters geanalyseerd. Voor de leefbaarheid in het water is opgeloste zuurstof de belangrijkste parameter. Aan het fysisch-chemisch meetnet van de Vlaamse Milieumaatschappij (VMM) is ook een index verbonden: de Prati-index. Deze index is samengesteld uit enerzijds het zuurstofgebrek en anderzijds de zuurstofverzadiging.



Ligging van de meetplaatsen waar de Belgische Biotische Index wordt bepaald.

Voor de bepaling van de biotische waterkwaliteit wordt nagekeken welke fauna in het water aanwezig is en hoeveel exemplaren van elke soort aanwezig zijn. Naargelang de waterkwaliteit worden andere dieren aangetroffen. Ook voor de biologische waterkwaliteit is een index opgesteld: de Belgische Biotische Index (BBI).

## Ecologische kwaliteitsdoelstelling

Voor de waterlopen van prioriteit I, II en III worden ecologische kwaliteitsdoelstellingen voorgesteld. De Delftse Beek (categorie 2) op de grens van Zoersel en Malle behoort tot klasse I. Dit betekent dat daar de hoofdfunctie Natuur aanwezig is. De waterloop heeft immers reeds een hoge natuurwaarde. Om het standstill-principe te vrijwaren zijn daarom beschermingsmaatregelen nodig.

De Kleine Beek, de Kleine Wilboerebeek, de Aestenbeek, de Lopende beek en de Koeischotse loop werden ingedeeld in Klasse II. Door middel van een aantal maatregelen wordt Natuur als hoofdfunctie nagestreefd. Tenslotte werd aan de Bollaak, de Tappelbeek en het overige gedeelte van de Delftse Beek klasse III toegekend. Deze waterlopen hebben Natuur als deelfunctie. Natuur kan hier niet als hoofdfunctie vooropgesteld worden omdat er een te grote aanwezigheid van menselijke activiteit is.

De biotische kwaliteit van de waterlopen in het stroomgebied van de Bollaak kan ingedeeld worden in twee groepen. In het noorden van het stroomgebied is de kwaliteit slecht. Ter hoogte van de autostrade E34 is de kwaliteit matig. Ten zuiden van de E34 tot aan de monding van de Bollaak in de Kleine Nete is de kwaliteit goed.

## Waterkwaliteitsdoelstelling

In het VLAREM werden de kwaliteitsdoelstellingen vastgelegd voor de waterlopen. Het Albertkanaal en het Netekanaal dienen te voldoen aan de normen voor drinkwater- en viswaterkwaliteit. Het Albertkanaal heeft geen contact met andere waterlopen. Naar het Netekanaal bevindt er zich wel een overstort van de langsracht die naast het Netekanaal loopt. Deze overstort werd in 1998 aangelegd tijdens de overstromingen en wordt bediend door de administratie Waterwegen en Zeewezen (AWZ) in samenspraak met de drinkwatermaatschappij Antwerpse Waterwerken (AWW). De Bollaak (tot en met derde categorie), de Kleine Beek, de Tappelbeek en het Antitankkanaal dienen te voldoen aan de viswaterkwaliteit. De overige waterlopen in het stroomgebied dienen te voldoen aan de basiswaterkwaliteit.

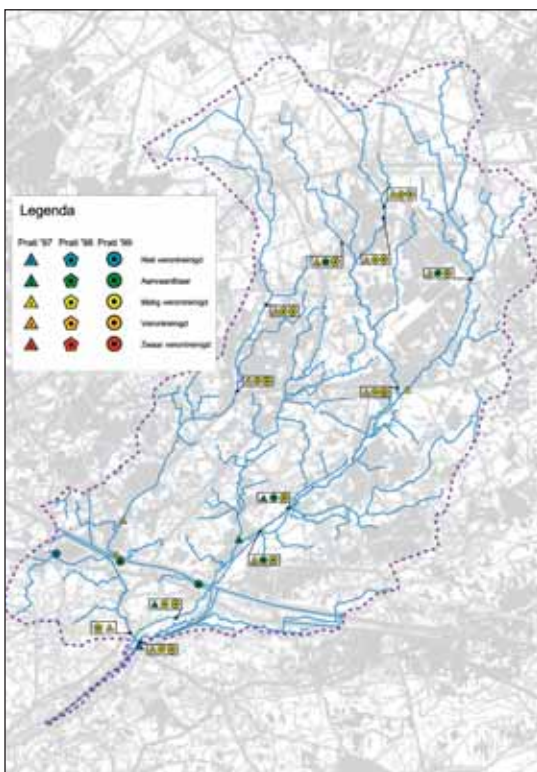
De Bollaak heeft een matige kwaliteit. Aan de samenvloeiing van de Koeischotse loop en de Delftse Beek wordt er matige kwaliteit gemeten. Stroomafwaarts daalt de Prati-index naar 2,5 wat een verbetering van de fysisch-chemische kwaliteit betekent.

De Lopende beek is matig verontreinigd, alsook de Delftse Beek. Voor de samenvloeiing met de Lopende beek wordt een Prati-index van 2,8 genoteerd, terwijl stroomafwaarts de kwaliteit slechter wordt tot 3,6 aan de monding.

De Tappelbeek is eveneens matig verontreinigd. De kwaliteit wordt beter voorbij het Zoerselbos.

De waterlopen in het stroomgebied van de Bollaak zijn matig verontreinigd. De kwaliteit van het water wordt beter naarmate men meer zuidwaarts trekt. In het noorden van het stroomgebied is er veel landbouwactiviteit. Hierdoor is het water vervuild wanneer het in de waterloop terecht komt. Ten noorden van de E34 bevindt er zich een kwelzone (Zoerselbos, Schrabbenbos).

Ligging van de meetpunten waar de Prati-index wordt berekend.



# 4 Een computermodel van de Bollaak

Vroeger werd voor de analyse van het gedrag van een waterloop vooral gebruik gemaakt van waarnemingen en opmetingen ter plaatse (bijvoorbeeld waterpeilen bij hoogwater, locaties waar overstromingen optreden, ...). Ontwerpen voor wijzigingen aan het waterlopenstelsel (bijvoorbeeld het vergroten van een duiker, het plaatsen van een stuw, het herprofilen van de beekbedding, ...) gebeurden met behulp van eenvoudige handberekeningen of waren gebaseerd op inzichten van het ingenieurs-bureau. De impact van een bepaalde maatregel op het hydraulisch gedrag van een waterloop kon meestal pas ingeschat worden eens de werken voltooid waren.

De huidige kennis van hydrologie en rivierhydraulica in combinatie met de rekenkracht van moderne computers laten toe een rivier of waterlopenstelsel op een andere manier te beheren. Met behulp van wiskundige modellen kan het gedrag van een waterlopenstelsel vrij

nauwkeurig nagebootst worden. Dergelijke modellen laten ook toe om de impact van wijzigingen in het waterlopenstelsel op voorhand te berekenen. Op die manier kunnen verschillende opties gemakkelijker vergeleken worden.

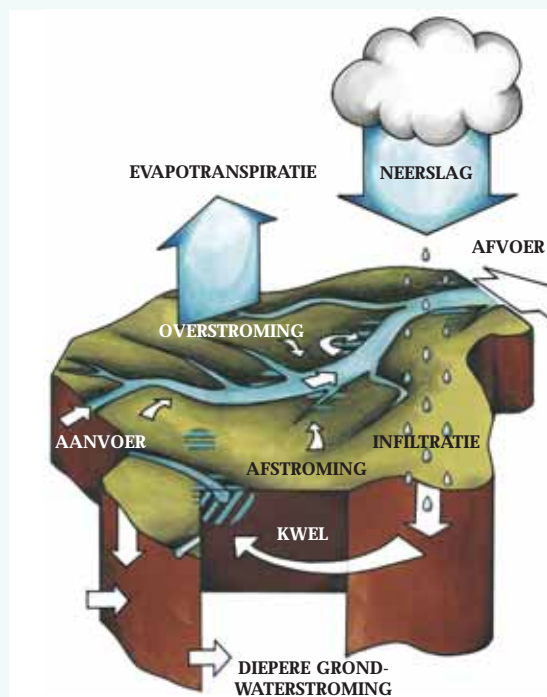
Voor de modellering van de Bollaak is gebruik gemaakt van 2 modellen: een hydrologisch model en een hydraulisch model. Het hydrologisch model berekent de oppervlakkige waterafvoer en de waterafvoer via de kleinere beken en sloten die aansluiten op de hoofdwaterloop. Dit model berekent inloopdebieten, zogenaamde inloophydrogrammen, die in de hoofdloop terecht komen. De resultaten van het hydrologisch model vormen de invoer voor het hydraulisch model. Met het hydraulisch model worden de waterpeilen en debieten langs het traject van de hoofdwaterlopen in detail berekend.

## HET HYDROLOGISCH MODEL VAN HET STROOMGEBIED

Een hydrologisch model geeft de relatie weer tussen de neerslag die op een stroomgebied valt en het water dat uiteindelijk uit dit stroomgebied als gevolg van die neerslag in de hoofdwaterloop toestroomt. Deze inloopdebieten in de hoofdwaterloop zijn sterk variabel en afhankelijk van de bodemopbouw in het stroomgebied, de hellingsgraad, het bodemgebruik, de neerslagintensiteit en de eigenschappen van de zijwaterlopen.

Door een hydrologisch model wordt een simulatie of nabootsing gemaakt van de weg die het regenwater aflegt tussen het ogenblik dat het water op de grond valt tot het ogenblik dat het water in de waterloop stroomt.

Deze weg wordt beschreven door verschillende complexe processen.

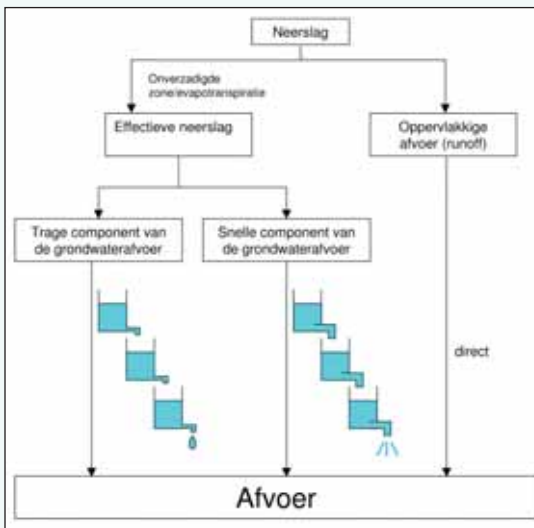


De bekende hydrologische cyclus of kringloop van het water.

## Het principe van lineaire reservoirs

Het hydrologisch model PDM is gebaseerd op lineaire reservoirs of een combinatie (serieschakeling of parallelschakeling) van lineaire reservoirs. Men stelt een deel van het stroomgebied voor als een bak water (een reservoir) met onderaan een opening, waardoor water stroomt (het afvoerdebiet). De hoeveelheid water die er doorstroomt is enerzijds afhankelijk van de grootte van de opening en anderzijds van de hoogte (dus van de druk) van het water in de bak. Hoe groter de opening of hoe hoger de waterstand in de bak hoe hoger het afvoerdebiet is. Indien het regent zal de waterstand in de bak verhogen waardoor het afvoerdebiet toeneemt tot de waterstand op zijn vorig niveau is teruggekomen. Bij verdamping zal de waterstand in de bak dalen waardoor het afvoerdebiet zal afnemen. De grootte van de opening bepaalt eveneens de snelheid waarmee de afvoer reageert op een regenbui. In hydrologische termen wordt ze de vertragingstijd genoemd van de afvoergolf ten opzichte van de regenbui. De oppervlakte van het reservoir weerspiegelt de oppervlakte van het (deel)stroomgebied.

Voor de simulatie van het afvoerdebiet gebruikt men vaak een combinatie van verschillende reservoirs na elkaar. Met deze reservoirs wordt de verdeling bepaald tussen evapotranspiratie, oppervlakkige afstroming en infiltratie. Daarnaast zijn er in het hydrologisch model 2 reservoirs aanwezig die de berging aan het bodemoppervlak en in de ondergrond simuleren. Samen vormen ze de totale afvoer van een deelgebied naar de rivier.



Een hydrologisch model heeft tot doel deze processen te beschrijven in wiskundige vergelijkingen, waarmee berekeningen mogelijk zijn.

De verschillende processen die aan de basis liggen van neerslag-afvoer zijn sterk afhankelijk van de omgeving (regionale omstandigheden) en het tijdstip (temporele omstandigheden). Deze omstandigheden worden uitgedrukt aan de hand van verschillende parameters. Het is de taak van de ingenieurs om deze parameters zo nauwkeurig mogelijk te bepalen, zodat het model de werkelijkheid zo goed mogelijk benadert.

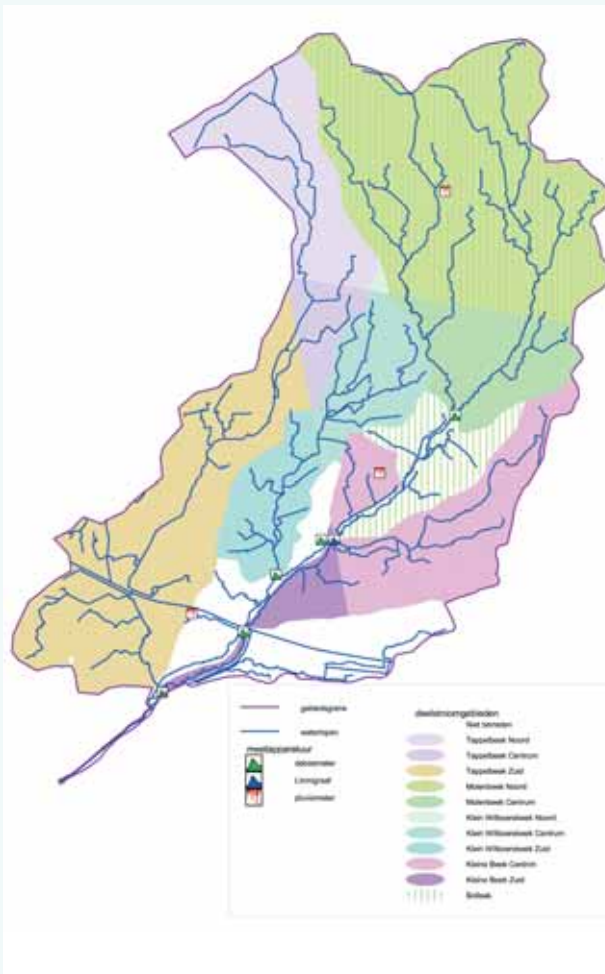
De afvoer op een steile lemige helling verschilt van een vlakke zandige bodem. Ook afvoer van verharde oppervlakken is sterk verschillend van die van onverharde oppervlakken. Via plantengroei kan een deel van het water verdampen.

Uiteraard bestaan er ook verschillen tussen een weiland of een bos, en verdampt er in de zomer meer dan in de winter. Indien de grond verzadigd is door vorige regenvlagen, dringt nog weinig water in de grond en stroomt meer water af. Al deze effecten zijn in de schematisatie van het hydrologisch model opgenomen en vertaald naar de verschillende parameters.

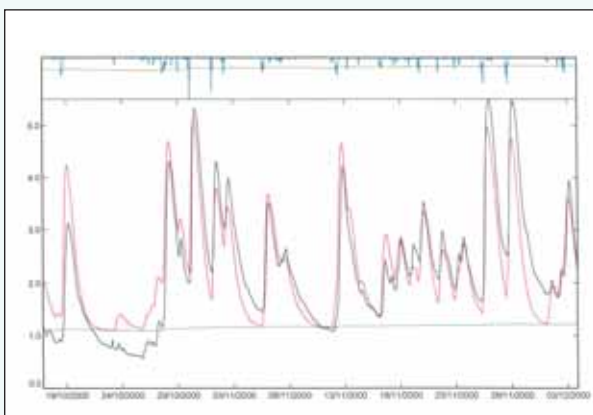
Voor de Bollaak is gebruik gemaakt van het Engelse model PDM. Dit model is volledig compatibel met het computermodel dat aansluitend voor de hydraulische modellering gebruikt is. PDM (Probability Distributed Moisture) is een zogenaamd conceptueel neerslag-afvoermodel geschikt voor continue simulaties. Een conceptueel model is gebaseerd op een vereenvoudigd concept voor de beschrijving van het neerslag-afvoerproces. Het model beschrijft de functionele relaties tussen invoer (neerslag) en uitvoer (afvoer) van het watersysteem aan de hand van semi-empirische wiskundige vergelijkingen. De fysische betekenis hiervan is onvoldoende opdat de parameters uit directe metingen ten velde kunnen afgeleid worden. De parameters dienen bepaald te worden door calibratie, d.i. door vergelijking tussen gemeten en berekende gebeurtenissen. PDM is daarenboven een continu model, wat wil zeggen dat het gevoed kan worden met jarenlange neerslaggegevens, dus hele reeksen regenstormen na elkaar. Hieruit wordt op een voortdurende wijze de waterafvoer berekend, rekening houdend met onder meer de vernatting en uitdroging van het stroomgebied.

## Welke invoergegevens zijn nodig?

Het stroomgebied wordt verdeeld in verschillende deelstroomgebieden die elk op een punt in de hoofdwaterloop afwateren. In het algemeen is dit een belangrijke zijloop van de Bollaak. Voor elk gebied wordt met behulp van het hydrologische model het afvoerdebiet berekend. Voor elk van deze deelstroomgebieden worden daartoe de parameters bepaald die het gebied hydrologisch karakteriseren. Deze parameters worden bepaald door bodemopbouw, helling, bodemgebruik en oppervlakte van het deelstroomgebied. Op die manier kan de computer de verschillende gebieden 'herkennen'. Teneinde voldoende gedetailleerde meetgegevens te hebben om een goede ijking te kunnen uitvoeren, is een meetcampagne opgezet. Gedurende 6 weken zijn op 4 plaatsen continue peil- en snelheidsmetingen uitgevoerd. Dit gebeurde telkens op zijbeken van de Bollaak en op de Bollaak zelf. Daarnaast zijn er op de Bollaak zelf eveneens peilmetingen uitgevoerd ter hoogte van de kleppenconstructie aan de monding van de Bollaak in de Nete. Met behulp van deze gegevens kon de gravitaire afvoer en de frequentie en duur van de afvoer in de Nete bepaald worden. Tijdens dezelfde periode is de neerslag met behulp van pluviografen (automatische regenmeters) gemeten. Naast de gegevens van de eigen meetcampagne kon er eveneens gebruik gemaakt worden van de limnigraafgegevens van de afdeling Water die gedurende 13 jaar in het stroomgebied verzameld zijn, en van de historische neerslaggegevens van het KMI.



Ligging van de tijdelijke meetpunten uit de meetcampagne en de bijhorende deelstroomgebieden die er door bemeeten worden.



## Ijking van het model

Teneinde ervoor te zorgen dat het model de werkelijkheid zo goed mogelijk benadert, worden de verschillende boven vermeldde parameters bijgesteld. Dit gebeurt door historische gebeurtenissen waarvan metingen beschikbaar zijn, met het model door te rekenen en vervolgens de gemeten waarden te vergelijken met de berekende resultaten. De invoerparameters worden vervolgens aangepast totdat een goede overeenkomst bekomen wordt. Dit proces wordt calibratie of ijking genoemd.

Figuur met calibratieresultaten. De bedoeling is om metingen van waterpeilen of debieten (blauwe lijn) te vergelijken met berekende waarden (rode lijn). De modelparameters worden aangepast tot een goede overeenkomst bereikt wordt.

## Validatie van het model

Nadat het model gecalibreerd is, wordt het model nog gevalideerd. Bij een validatie wordt gebruik gemaakt van een metingen die niet bij de calibratie gebruikt werden. Hiermee kan bepaald worden of het model ook goede resul-

taten behaalt in andere situaties dan deze die bij de ijking gebruikt zijn. Het is een extra controle. Later, bij de berekeningen met het hydraulisch model, zullen opnieuw controles uitgevoerd worden om de juistheid van de volledige modellering te garanderen.

Er bestaan verschillende soorten regenstormen. Enerzijds zijn er de stormen die aanleiding geven tot piekdebieten in de waterloop. Een piekdebiet ontstaat voornamelijk wanneer er op een zeer korte tijd enorm veel neerslag valt. De waterafvoer in de waterloop kan dan op korte tijd snel stijgen tot een zeer hoge waarde in het debiet, waarna de beek vrij snel terug op zijn normale debiet terugvalt. Dit leidt tot de typische klokvormige afvoergolf die vaak bij zo'n eerder geïsoleerde regenbui hoort. Deze stormen komen voornamelijk voor in de zomer en worden daarom aangeduid onder de naam zomerstormen. Anderzijds bestaan er ook stormen die gekenmerkt worden door een hoog afvoervolume. Tijdens deze stormen treedt gedurende enkele dagen een eerder gelijkmatige afvoer in de waterloop op. Deze stormen kennen niet zozeer één enkele hoge piek in het debiet, maar moeten gedurende een langere periode (soms enkele dagen) veel water verwerken, waardoor de totale afgevoerde volumes zeer groot kunnen zijn. Indien dan water overstromt, kunnen grote gebieden blank gezet worden. Deze stormen komen hoofdzakelijk voor tijdens langdurige neerslag in de wintermaanden en worden daarom gemakshalve winterstormen genoemd.

## Bepalen van de retourperiode

Aan elke afvoergolf kan een herhalingstijd of retourperiode gekoppeld worden. Dat is de gemiddelde tijd die verwacht mag worden tussen 2 afvoergolven met even hoge piekdebieten of even grote afvoervolumes. Een 2-jarige storm zal naar verwachting eens om de 2 jaar voorkomen, terwijl een 100-jarige storm gemiddeld eens om de 100 jaar voorkomt. Dit betekent evenwel ook dat een 100-jarige storm zich bijvoorbeeld al na 50 jaar opnieuw kan voordoen, maar dat diezelfde storm even goed 150 jaar op zich kan laten wachten. Kleine afvoeren komen frequenter voor dan zeer grote afvoeren.

Daarom hebben kleine afvoeren een lagere herhalingstijd dan zeer grote afvoeren. Er moet trouwens onderscheid gemaakt worden tussen de herhalingsperiode van een regenbui en die van een afvoergolf. Een bui met een bepaalde herhalingsperiode geeft niet steeds een afvoergolf met diezelfde herhalingsperiode, want de reactie van het stroomgebied op de bui hangt af van de initiële condities van het gebied (zoals het verzadigingsgraad van de bodem).

Het begrip retourperiode is belangrijk voor de risico-inschatting. Weten waar er vroeger overstromingen opgetreden zijn of waar er overstromingen kunnen optreden, is belangrijk doch niet voldoende. Het is minstens even belangrijk om te weten of dit zeldzame gebeurtenissen waren, dan wel of zij meermaals mogen verwacht wor-

den. Er moet immers een redelijke verhouding bestaan tussen de risico's die men loopt op een bepaalde schade door overstroming, en de kosten die moeten gemaakt worden om deze risico's te beperken.

De herhalingstijden voor verschillende grootten van stormen worden bepaald door wiskundige berekeningen op beschikbare langdurige meetresultaten of computersimulaties. De afvoeren worden van groot naar klein gerangschikt en er wordt bepaald hoeveel maal ze bijvoorbeeld in 100 jaar zijn voorgekomen.

## Bepalen van de maatgevende hydrogrammen

Een hydrologisch model is meestal redelijk eenvoudig van structuur, waardoor zeer snel langdurige berekeningen, bijvoorbeeld over 100 of 1000 jaar, mogelijk zijn. Een hydraulisch model daarentegen is wiskundig zeer zwaar van structuur. De huidige courante computers kunnen eenzelfde periode niet snel doorrekenen. Daarom beperkt men de hydraulische berekeningen tot een minimum. Enkel zogenaamde maatgevende stormen worden in detail doorgerekend. Maatgevende stormen zijn stormen die corresponderen met welbepaalde retourperiodes, bijvoorbeeld zomer- en winterstormen met een retourperiode van 2, 5, 10, 25, 50 en 100 jaar. Die worden als volgt bepaald. Aangezien op de waterloop slechts beperkte meetgegevens beschikbaar zijn, is deze meet-





reeks te kort om statistisch op een nauwkeurige manier een 25-, 50- en 100-jarige storm te bepalen. Daarom wordt de neerslagreeks van Ukkel met 100 jaar neerslaggegevens (1899-1999) gebruikt als invoer voor het hydrologisch model. Als uitvoer wordt een 100-jarige afvoereeks bekomen voor elke afvoerenheid of deelstroomgebied van de Bollaak. Men heeft dan de gemeten reeks geëxtrapoleerd in de tijd. Het stroomgebied wordt via het model als het ware berekend met een langdurige ter plaatse of elders gemeten neerslag. Studies hebben aangetoond dat de 100-jarige neerslagreeks van Ukkel elders in Vlaanderen met goede resultaten mag gebruikt worden. Uiteindelijk wordt een realistische afvoereeks bekomen van hetgeen historisch in het stroomgebied voorgekomen is of had kunnen voorkomen. Door een statistische analyse van deze afvoeren kunnen zowel het piekdebiet als het maximum afvoervolume voor elke herhalingsperiode met een grote nauwkeurigheid worden bepaald. Voor elk piekdebiet/afstromingsvolume en zijn overeenkomstige herhalingsperiode is vervolgens uit de 100-jarige afvoereeks de dichtstbijzijnde hoogwatergolf (hydrogram) bepaald. Met deze hoogwaterhydrogrammen (stormen) wordt het hydraulisch model doorgerekend. Deze hydrogrammen worden als maatgevend beschouwd, wat wil zeggen dat zij het ganse gamma van kleine tot grote stormen in zich hebben waardoor overstromingen onder verschillende meteorologische

omstandigheden kunnen bestudeerd worden.

### HET HYDRAULISCH MODEL VAN DE BOLLAAK

Het kunnen voorspellen van de manier waarop de neerslag in de waterloop terecht komt is niet genoeg. Hoe dit water door de waterloop beweegt, is even belangrijk: welke waterstandsverhoging zal er immers op kritieke plaatsen optreden als gevolg van een bepaalde bui, en gaat dit gepaard met een overstroming?

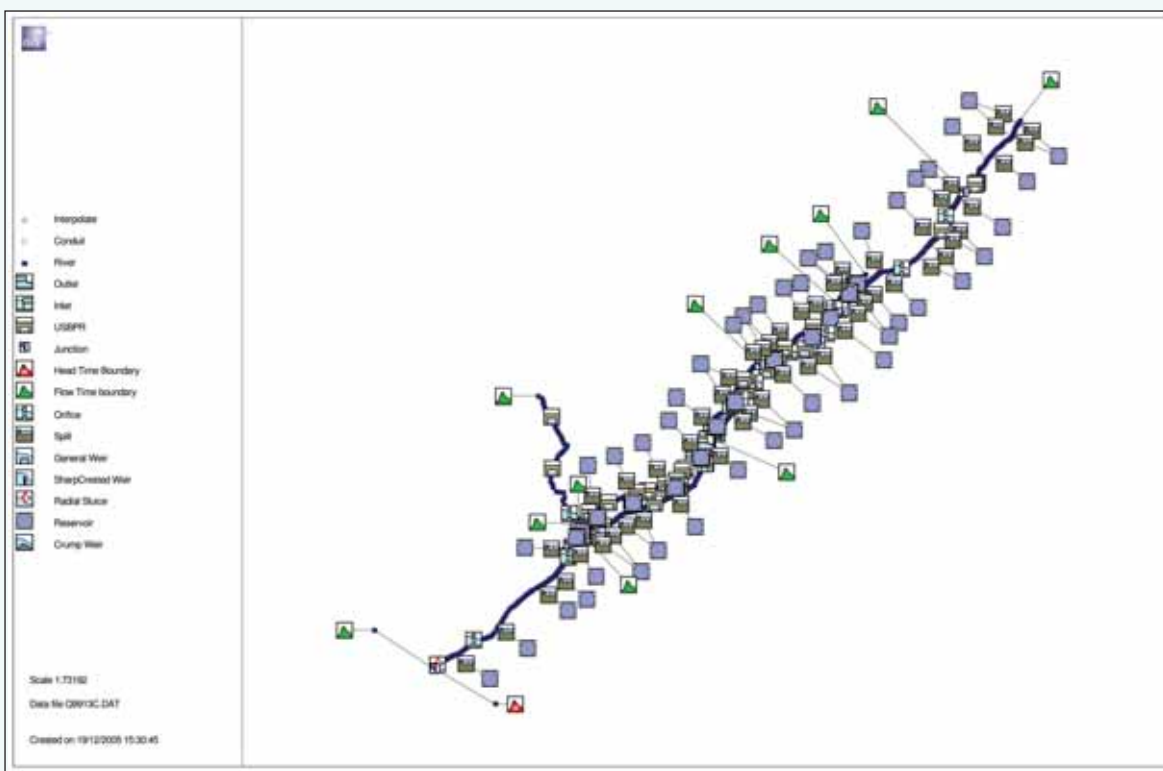
Hydrologische modellen zijn niet in staat waterstanden te voorspellen in de waterloop. Ook de invloed van stuwen en andere kunstwerken kan doorgaans niet in rekening gebracht worden door een hydrologisch model. Daarvoor is een hydraulisch model nodig. Eens de bestaande toestand is opgebouwd als referentie kunnen eveneens geplande verbeteringswerken als scenario worden doorgerekend. Het hydraulisch model is immers een mecano of bouwdoos van knopen (bouwstenen); door knopen weg te laten (bijvoorbeeld een stuw) of te vervangen door andere (bijvoorbeeld inbouwen van een wachtbekken) wordt een andere situatie bestudeerd.

De omzetting van de met het PDM-model berekende afvoeren naar waterstanden en debieten en de eventueel daarbij horende overstromingen, vergt een fysisch-gebaseerd model. Het zijn de zware wiskundige vergelijkingen opgesteld door de Franse onderzoeker de-Saint-Venant, die bestaan uit een continuïteitsvergelijking (behoud van massa) en een momentumvergelijking (behoud van beweging). Het oplossen van deze vergelijkingen geeft als resultaat de stroming en de berging van water in de waterlopen.

Het gebruikte Engelse softwarepakket ISIS berekent in de opgegeven rekenpunten (knopen) de waterstand en het debiet in functie van de tijd, over het verloop van de storm. Men spreekt dan ook van een hydrodynamisch model. Deze tijdsafhankelijke of niet-stationaire berekeningen vergen in complexe waterlopenstelsels enorme rekentijden. Zonder computers is dit niet mogelijk en zou men zich moeten beperken tot handmatige stationaire berekeningen, de vroegere klassieke waterlijnberekeningen. Hierbij beperkte men zich meestal tot het uitrekenen van de maximale dwarsdoorsnede van de waterloop opdat die een boordevol debiet zou kunnen afvoeren.

• Zicht op de  
• Bollaak vanaf de  
• brug Emblem-  
• Kessel. De mon-  
• ding in de Kleine  
• Nete ligt achter de  
• horizon, een  
• kilometer verder.  
• Rechts het  
• Netekanaal, dat  
• het Albertkanaal  
• met de Schelde  
• verbindt via een  
• sluis op Beneden-  
• Nete stroomaf-  
• waarts van Lier.

Schematische voorstelling van het hydraulisch model van de Bollaak, dat bestaat uit een ketting van knopen of bouwstenen, elk aangegeven met een eigen symbooltje. De meeste daarvan zijn gewone dwarsdoorsneden van waterlopen, maar er zijn ook speciale kunstwerken bij. De blauwe rechthoekjes langs de waterlopen zijn de overstroombare valleigronden. De groene klokjes stellen de inloophydrogrammen voor van de zijwaterlopen. Het hydraulisch model berekent de waterstroming doorheen deze 'afvoergoten' en kunstwerken zeer gedetailleerd.



## De verschillende stappen in de modellering:

- Modelbouw: de gegevens van het stroomgebied van de Bollaak en zijn zijlopen zijn vertaald naar een wiskundig model.
- Calibratie en validatie: de modelresultaten zijn getoetst aan de werkelijkheid.
- Scenarioanalyse: in deze fase zijn, naast een grondige analyse van het gedrag van de Bollaak in de huidige toestand, in het stroomgebied een aantal veranderingen doorgevoerd. In de scenarioanalyse schuilt de grote kracht van het modelleren. Verschillende beheersstrategieën en wijzigingen aan de waterlopen of het afstroombegedrag kunnen op een computer relatief eenvoudig nagebootst worden.

## Welke invoergegevens zijn nodig?

De moderne berekeningen vergen veel gegevens. Alle essentiële werkelijke afmetingen van de waterloop (bedding en oevers) moeten ingegeven worden in de computer. De as van de waterloop wordt voorgesteld als een meccano van knopen. Deze omvatten de opgemeten fysische kenmerken van de waterloop op een groot aantal punten: dwarssecties minstens om de 50 meter, afmetingen van hydraulische infrastructuurwerken (bruggen, bodemvallen, duikers, stuwen) en de topografie van de overstromingszones. Deze gegevens zijn voorafgaand aan de modellering nauwkeurig op het terrein opgemeten door een landmeetbureau. Naast de talrijke opmetingen vormen ook operationele installaties zoals pompstations noodzakelijke gegevens.

Een laatste belangrijk onderdeel van het hydraulisch model zijn de randvoorwaarden.

De externe randvoorwaarden zijn de locaties waar debieten of waterpeilen in het model ingegeven worden. Zij komen overeen met de belangrijkste zijlopen en bovenlopen van de gemodelleerde waterlopen. Hier worden de met het PDM-model berekende inloopdebieten in de waterlopen ingevoerd. Gans afwaarts, aan de monding in de Kleine Nete, worden de met de getijden variërende waterpeilen van de Kleine Nete opgelegd. Dit gebeurde op basis van modelberekeningen van de Administratie Waterwegen en Zeewezen (AWZ) van de Kleine Nete voor het Sigmaplan. De interne randvoorwaarden betreffen de werking (regeling) van eventuele stuwen en andere kunstwerken. Bij de monding van de Bollaak zorgen bijvoorbeeld terugslagkleppen voor de afvoer van het water naar de Kleine Nete. De werking van deze constructie is in het model gesimuleerd als kunstwerk.

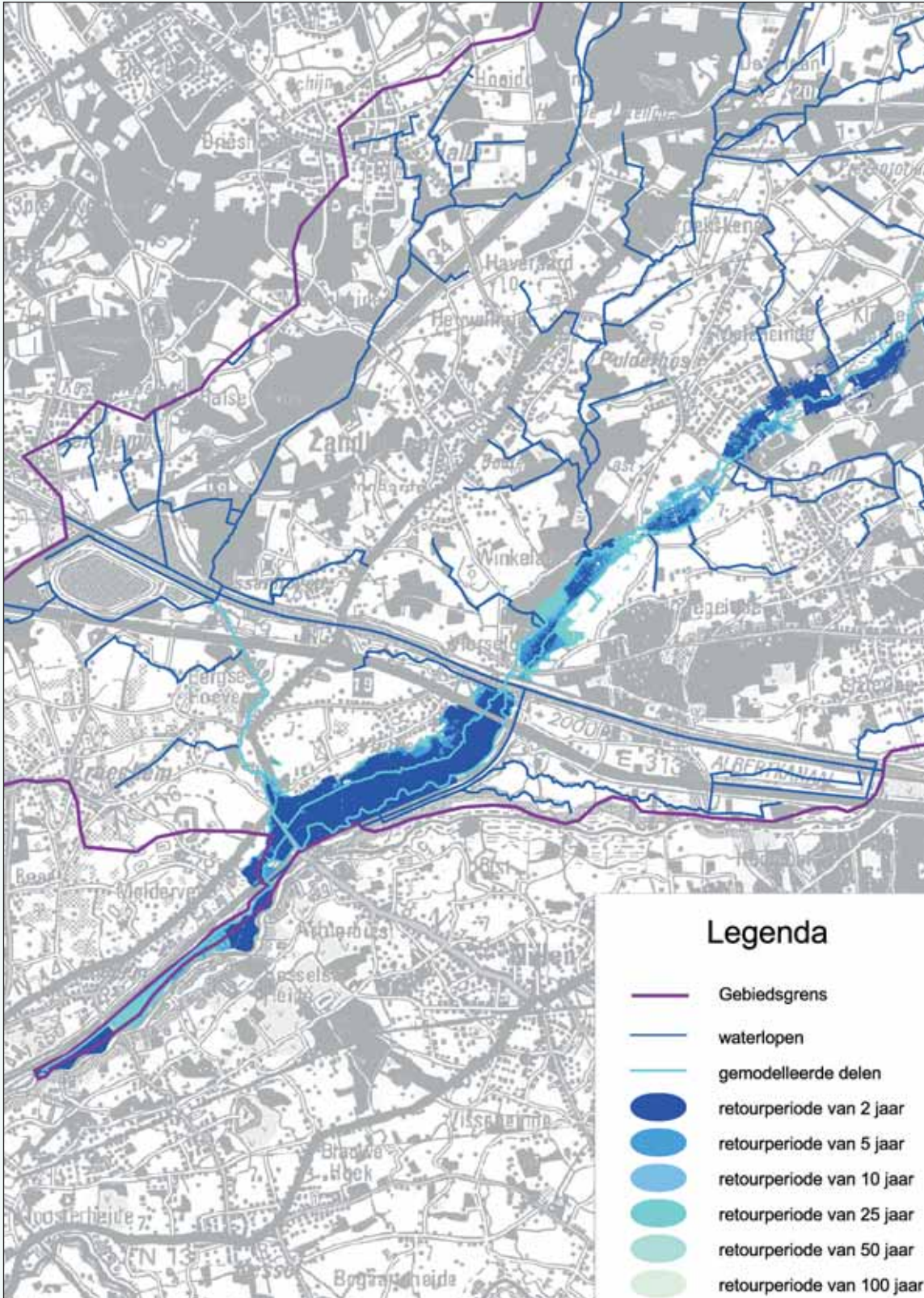
## Calibratie en validatie: komen de simulatieresultaten overeen met de werkelijkheid?

Het gebruik van een fysisch-gebaseerd model maakt het afijken van de modelresultaten aan de werkelijkheid spijtig genoeg niet geheel overbodig. Ook in het hydraulisch model dienen nog enkele parameters ingevuld of verbeterd te worden. Deze houden voornamelijk verband met de ruwheid van de rivier en vallei. Hoe lager de ruwheid, hoe gemakkelijker het water kan afgevoerd worden. Een recht-

getrokken beek met verharde oevers zal het water sneller doorvoeren dan een bijna dichtgegroeide beek met veel kronkels. De rechtgetrokken beek zal daarom een lagere ruwheid krijgen. Hetzelfde geldt voor de hindernissen (bruggen, enz.), waar de waterstroom ook belemmerd wordt en waar telkens energieverliezen moeten ingerekend worden. De afijking van het hydraulisch model gebeurt

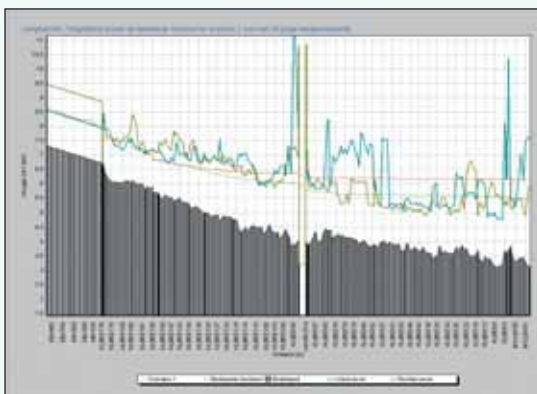
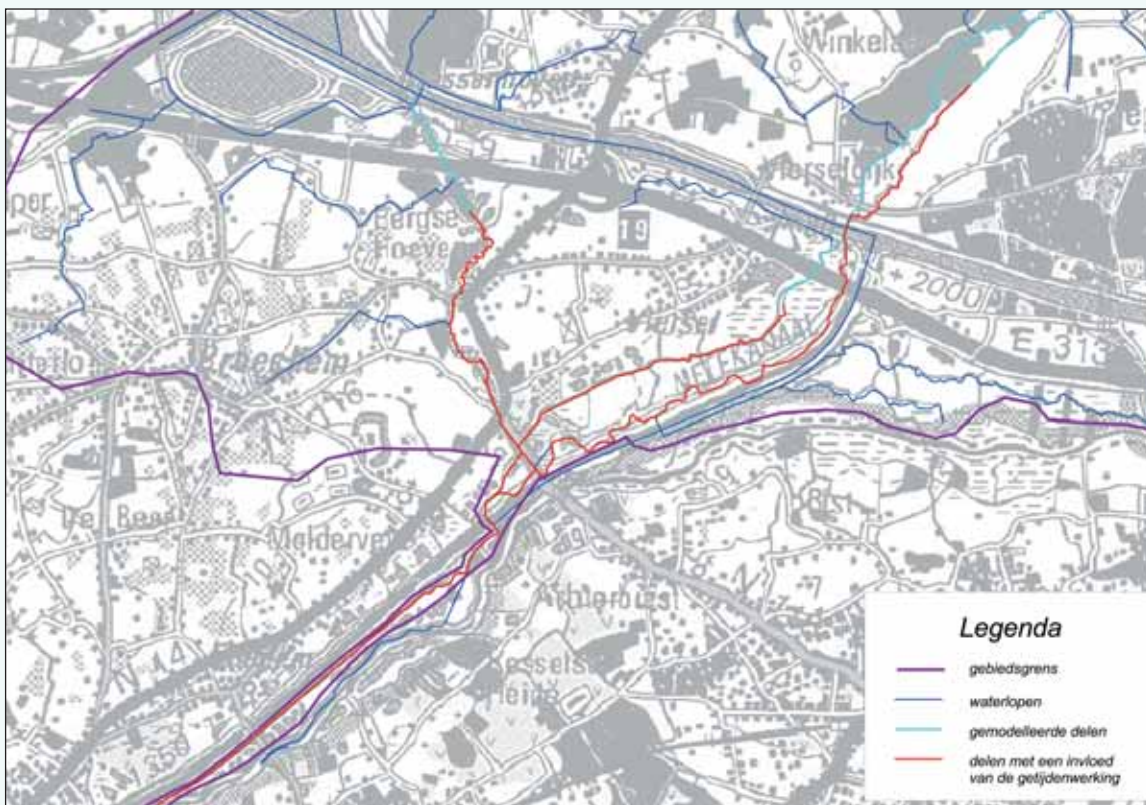
door de vergelijking van de berekende met de gemeten waterstanden en door de vergelijking van de berekende en de waargenomen overstromingszones.

Voor de calibratie en validatie is gebruik gemaakt van de tijdens de meetcampagne verzamelde data en van de bestaande limnigrafgegevens. De calibratie gebeurt door het instellen van de verschillen-



Zogenaamde MOG-kaart (gemodelleerde overstromingskaart) van het overstromingsgebied langs de Bollaak. Een MOG-kaart geeft aan waar het overstroomt in verschillende stormomstandigheden, dus met welke kans van optreden. Donkere kleuren geven frequente overstromingen aan, lichte kleuren meer sporadische overstromingen.

Het computermodel tekent ook zogenaamde lengteprofielen van waterlopen (figuur onderaan). De grijze staafjes onderaan geven de hoogteligging aan van de waterloopbodembodem, bv. van bron tot monding; de blauwe en groene lijnen erboven geven de hoogte aan van de beide oevers. Vervolgens worden ook de berekende waterpeilen weer gegeven (rode lijn). In scenario 1 bleek hieruit dat een pompstation weinig soelaas zou brengen.



de modelparameters (bv. de hydraulische ruwheid van de bedding van de waterloop, de infiltratiecapaciteit van het stroomgebied of de verschillende parameters die de kunstwerken karakteriseren). Tevens zijn de parameters van de terugslagkleppen aan de monding van de Bollaak meegenomen in de calibratie.

De uiteindelijke bedoeling van de calibratie en validatie is een model te bekomen dat het gedrag van het stroomgebied zo goed mogelijk weergeeft. Het model kan pas als een goede benadering van de werkelijkheid beschouwd worden wanneer de probleemgebieden in het model overeenstemmen met de werkelijke zones waar gevaar bestaat voor overstroming.

### Wat wordt er berekend?

Teneinde het aantal simulaties met het hydraulisch model te beperken (een hydraulisch model vergt

veel meer rekentijd dan een hydrologisch model omwille van de zware wiskundige vergelijkingen die voor elke rekenknoop moeten opgelost worden), zijn een aantal stormen geselecteerd voor simulatie en verdere analyse, namelijk zowel de zomer- als winterstormen met terugkeerperioden 5, 10, 25, 50 en 100 jaar. Deze 10 stormen zijn dan gebruikt om het (overstromings)gedrag van de Bollaak in de huidige toestand en na uitvoering van bepaalde ingrepen te bestuderen.

### De bestaande knelpunten

Uit de modelberekeningen blijkt dat een groot deel van de overstromingen veroorzaakt worden door kunstwerken die geen aangepaste afmetingen hebben. Dit zorgt hoofdzakelijk voor problemen op de Kleine Beek. Zowel op de Kleine Beek als op de Bollaak zijn de oevers tussen het Albertkanaal en het Netekanaal laag gelegen. De zone tussen de beide waterlopen overstroomt dan ook zeer regelmatig. Stroomopwaarts van het Albertkanaal zijn op de Bollaak eveneens lage oevers aanwezig. Ook in deze zone treden regelmatig overstromingen op. Beide zones zijn op het gewestplan aangeduid als natuurgebied. Er is geen bewoning die overstroomt.

Op het meest afwaarts gelegen deel van de Tappelbeek worden overstromingen gegenereerd door de invloed van de werking van de kleppenconstructie ter hoogte van de monding van de Bollaak in de Kleine Nete. Hierdoor worden enkele huizen

bij extreme afvoeren bedreigd.

## Mogelijke oplossingen

Om de overstromingen terug te dringen zijn een aantal scenario's doorgerekend. Het grootste probleem op de Bollaak situeert zich op het stroomafwaarts deel van de Bollaak, Kleine Beek en Tappelbeek. Met behulp van verschillende scenario's werd nagegaan wat de mogelijkheden zijn om deze overstromingen terug te dringen. Hiervoor werden verschillende pistes gevolgd. Er werd gekeken naar de mogelijkheden om een vertraagde afvoer naar deze zones te bewerkstelligen. Daarnaast werd eveneens nagegaan wat het effect is van de installatie van een pomp aan de monding van de Bollaak, naast het gebruik van de kleppenconstructies. Ten slotte werd nagegaan wat het effect is van het terug afgraven van gronden, die in de jaren '60 en '70 opgehoogd werden in de vallei van de Bollaak.

### Scenario 1: Pompstation aan de monding van de Bollaak

In de bestaande toestand wordt het peil van de Bollaak, de Kleine Beek en de Tappelbeek in hun afwaartse deel sterk beïnvloed door het gravitair lozen van de Bollaak in de Kleine Nete. Om een betere doorstroming ter hoogte van de monding te genereren, wordt een pomp in het model ingevoerd. Naast het gravitair lozen, kan er dan ook water afgevoerd worden wanneer het peil op de Kleine Nete hoger is dan het peil in de Bollaak. Het pompstation kreeg een capaciteit van 8 m<sup>3</sup>/s. Uit de modelberekeningen is duidelijk dat het pompstation een invloed heeft op het peil opwaarts van de monding. Maar deze invloed is beperkt tot aan het Albertkanaal. De constructie onder het Albertkanaal van Bollaak en Kleine Beek kan als een soort barrière aanzien worden tussen de stroomopwaartse en stroomafwaartse delen van Bollaak en Kleine Beek. Hoewel het peil in het afwaartse deel van beide waterlopen daalt, blijven er overstromingen in deze zones optreden. Het pompstation biedt geen voldoende oplossing voor de overstromingen in het afwaartse deel van de Bollaak, de Kleine Beek en de Tappelbeek. De situatie ten noorden van het Albertkanaal verandert niet.

### Scenario 2: Knijping op de Bollaak en de Kleine Beek ter hoogte van de molen te Viersel

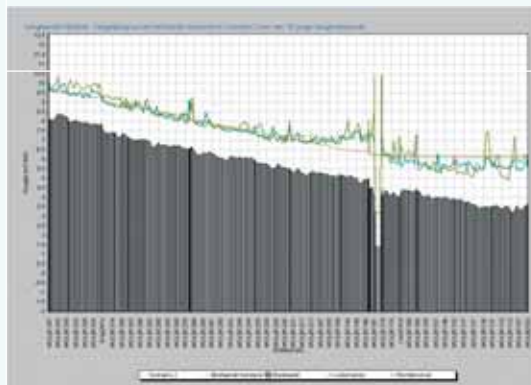
Om het peil stroomafwaarts van het Albertkanaal te verlagen is een knijpleiding in het model aangebracht onder het Albertkanaal. De bedoeling is dat er water wordt opgehouden ten noorden van het Albertkanaal en dat de doorstroming van water naar afwaarts geleidelijker gaat. In de omgeving van de

molen te Viersel zijn de oevers van Bollaak en Kleine Beek hoger dan meer stroomopwaarts gelegen punten. Dit betekent dat in de huidige situatie deze zone minder snel of niet overstroomt. Hierdoor is in deze zone nog plaats om extra water te bufferen. De knijpleidingen, voorzien in het model, liggen onder de Herentalsebaan en vervangen de bestaande kunstwerken.

Het knijpen op de Bollaak en de Kleine Beek net voor het Albertkanaal veroorzaakt een opstuwning van ongeveer 1 m maar de verlaging van het peil stroomafwaarts bedraagt slechts 10 cm. Afwaarts het Albertkanaal blijft de invloed aanwezig van de gravitaire afstroming van de Bollaak in de Kleine Nete. De invloed van de afwaartse randvoorwaarde (het gravitair lozen van de Bollaak in de Kleine Nete) op het peil in de waterlopen is groot tot aan het Albertkanaal, waardoor de knijping geen oplossing vormt voor de overstromingen in het afwaartse deel van de Bollaak, de Kleine Beek en de Tappelbeek.

### Scenario 3: Verlaging van de vroeger opgehoogde zones

Tijdens de laatste decennia zijn een groot aantal percelen tussen Viersel en de monding van de Bollaak opgehoogd. Wanneer deze zones terug zouden verlaagd worden naar hun oorspronkelijke niveau, wordt extra bergingsvolume gecreëerd. Het bijkomend volume dat gecreëerd wordt door het afgraven van de opgehoogde gronden blijkt echter te beperkt ten opzichte van het reeds beschikbare bergingsvolume. De daling van het waterpeil is daardoor beperkt tot een 3-tal cm.



Ook voor scenario 2 gaf het lengteprofiel (figuur boven) aan dat de voorgestelde ingreep weinig zou opleveren. Figuur onder: ligging van de vroeger opgehoogde valleigronden.

## 5 Wat brengt de toekomst?

In het stroomgebied van de Bollaak zijn er weinig echte problemen van wateroverlast. Dit is grotendeels te danken aan het feit dat in het meest stroomafwaartse gedeelte nog zeer veel open ruimte aanwezig is om water tijdelijk te stockeren. Deze natuurlijke overloopgebieden, zowel afwaarts van het Albertkanaal als direct opwaarts het Albertkanaal, moeten deze functie blijven behouden. Bebouwing zou er permanent bedreigd worden door wateroverlast. Het gebied dient van oudsher om het water, dat bij hoogtij op de Kleine Nete niet kan lozen, tijdelijk te bufferen.

In het stroomafwaartse gebied bestaan er wel enkele lokale knelpunten, aan de monding van de Tappelbeek, waar enkele woningen ongelukkig uitgebouwd werden tot definitieve woonst. Deze woningen worden bij stormen met hoge retourperioden door wateroverlast bedreigd, die niet zozeer direct uit de waterlopen afkomstig is. Het is vooral grondwater dat opstijgt door de hoge peilen in de onderlopende vallei. Inbuffering met dijkjes baat dus niet, gezien de woningen ongelukkigerwijze geen waterdichte

bevloering hebben gekregen. Een sluitende oplossing is niet vanzelfsprekend, gelet op de hoge kosten voor een goede oplossing maar anderzijds de eigen verantwoordelijkheid van de bewoners, die wellicht een belangrijke financiële bijdrage zullen moeten leveren. Het overpompen van water naar het Netekanaal zoals in 1998, stuit op verzet van AWW die de kwaliteit van haar drinkwaterbevoorrading daardoor bedreigd ziet.

Zicht op de watermolen van Viersel vanaf het jaagpad langs het Albertkanaal. Achter de watermolen is het natuurlijk overstroomingsgebied te zien tussen de Bollaak (ook vooraan te zien op de foto) en de Kleine Beek (waarvan een stukje rechts in beeld komt).





De civiele bescherming pompt water van de Bollaak over naar het Netekanaal, teneinde de grootste druk op enkele woningen weg te nemen (september 1998).



Inlaten van de sifons van de Bollaak (wit hekwerk vooraan) en de Molenbeek of Kleine Beek (bruin hekwerk) onder het Albertkanaal met jaagpad (rechts in beeld).

Ondergelopen jaagpad tussen Netekanaal en Bollaak, gezien vanaf de brug van de Nijlensesteenweg te Broechem (Ranst).





Als algemene regel geldt dat, als we stilaan willen komen tot veilige stroomgebieden, we de nog beschikbare ruimte steeds verstandig moeten gebruiken om extreme afvoeren te bufferen en alle initiatieven achterwege moeten laten die aanleiding geven tot verhoogde of versnelde afvoer, of die bij eventuele overstromingen aanleiding geven tot belangrijke schade.

Overstromingen ingevolge extreme stormen, die uiteindelijk niet met redelijke maatschappelijke kosten kunnen vermeden worden, worden

beschouwd als een natuurramp. De schade wordt sinds kort gedekt door de zogenaamde brandverzekeringspolis, behalve voor recente bebouwing in overstromingsgevoelige gebieden. Om nieuwe risicovolle bebouwing te vermijden, werd de watertoets ingevoerd. Bij elke aanvraag van stedenbouwkundige vergunning zal de waterbeheerder de effecten op het watersysteem evalueren en bijsturen teneinde nieuwe schadegevallen maximaal te vermijden.





**Ruimte voor water scheppen en/of behouden, de beste verzekering tegen wateroverlast en schade!**



