

DE UNIFORME REKENMETHODE 2.0

VOOR HET OPSTELLEN VAN EEN SYSTEEMOVERZICHT
STEDELIJK WATER



water IN
LIMBURG

kragten

DE UNIFORME REKENMETHODE 2.0

VOOR HET OPSTELLEN VAN EEN SYSTEEMOVERZICHT STEDELIJK WATER

Opdrachtgever: BROL / Waterschap Limburg
Projectnr: WSL049-0001
Rapportnr: 1
Status: ter inzage
Datum: 24 januari 2023



T 088 - 33 66 333
F 088 - 33 66 099
E info@kragten.nl



© 2023 Kragten
Niets uit dit rapport mag worden veeleevoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook zonder voorafgaande toestemming van Kragten. Het is tevens verboden informatie en kennis verwerkt in dit rapport ter beschikking te stellen aan derden of op andere wijze toe te passen dan waaraan in de overeenkomst toestemming wordt verleend.

Opstellers:
Hans van Keeken (Kragten)
Richard de Koning (Kragten)
Perry Pijnappels (Kragten)
Marcel Zandee (RHDHV)

Verificatie:
Perry Pijnappels (Kragten)

Validatie:
Hub Diederens (Kragten)
Hans Erens (WV)

kragten

INHOUDSOPGAVE

1	INLEIDING	6
1.1	Leeswijzer	6
2	PROCESSHEMA EN STAKEHOLDERS	8
2.1	Processchema	8
2.2	Vorbereidingen	9
2.2.1	Vaststellen van de scope	9
2.2.2	Verzamelen data	10
2.3	Raakvlak redeneerlijn en ecologische toets	10
2.4	Stakeholders	11
3	MODELKEUZE	12
3.1	Algemeen	12
3.2	Modelniveaus	13
3.3	Informatievragen en modelniveaus	13
3.4	Modelconcept Systeemoverzicht Stedelijk Water (SSW)	14
4	BRONDATA EN GEGEVENSQUALITEIT	16
4.1	Neerslagafvoermodel	16
4.1.1	Stedelijk gebied	16
4.1.1.1	Afvoerend oppervlak	17
4.1.2	Landelijk gebied	19
4.2	Rioolmodel	19
4.2.1	Rioolbeheerdata	19
4.2.2	Bijzondere voorzieningen	20
4.3	Watergangenmodel	21
4.3.1	Leggerdata	21
4.3.2	Bijzondere voorzieningen	22
4.4	Maaveldmodel	22
4.5	Meetgegevens	23
5	PARAMETERS	26
5.1	Neerslagafvoermodel	26
5.1.1	Reeksberekening	26
5.1.2	Gebeurtenisberekening	27
5.2	Rioolmodel	28
5.2.1	Rioolputten	28
5.2.1.1	Parameters reservoir ten behoeve van water op straat bij OD-1D modellering	28
5.2.1.2	Parameters putdeksels, roosterdeksels en kolken ten behoeve van maaveldmodel bij 1D-2D modellering	28
5.2.2	Rioolleidingen	30
5.2.2.1	Hydraulische ruwheid	30
5.2.2.2	Transportleidingen en persleidingen	30
5.2.2.3	Dichtslibben van infiltratievoorziening	30
5.2.3	Rioolvoorzieningen	30
5.2.3.1	Overstort	30
5.2.3.2	Doorlaat	31
5.2.3.3	Wervelventiel	31
5.2.3.4	Gemalen	31

5.3	Watergangenmodel.....	32
5.3.1	Watergangen	32
5.3.2	Duikers.....	32
5.3.3	Stuwen	33
5.4	Maaveldmodel.....	33
6	MODELBELASTING.....	34
6.1	Neerslagafvoermodel.....	34
6.1.1	Neerslaggebeurtenissen	34
6.1.1.1	Composietbuien Kennisbank Stedelijk Water	34
6.1.1.2	Standaard stresstesten	35
6.1.1.3	Daadwerkelijke gebeurtenissen.....	35
6.1.1.4	Klimaatbuien Waterschap Limburg	36
6.1.1.5	Neerslagreeks	37
6.2	Rioolmodel	37
6.2.1	Droogweerafvoer.....	37
6.2.1.1	Huishoudelijk	37
6.2.1.2	Bedrijven	37
6.2.1.3	Recreatie	38
6.2.2	Grondwater.....	38
7	SIMULATIES.....	40
7.1	Initiële condities	40
7.2	Simulatie-instellingen	41
7.3	Verificatie resultaten.....	42
8	RAPPORTAGE EN TABELLEN	44

BIJLAGEN

B1	PROCESSHEMA
B2	CHECKLIST GEGEVENS
B3	VOORBEELD CONTROLE RIOLERINGSGEGEVENS
B4	KLIMAATBUIEN WATERSCHAP LIMBURG
B5	SSW-BIJLAGEN
B6	KOPPELTABEL LANDGEBRUIKSKAART

TABELLEN

Tabel 1: Mogelijkheden modelniveau per modellaag	14
Tabel 2: Beschrijving van het rekenmodel t.b.v. neerslaggebeurtenis bij het opstellen van een SSW	15
Tabel 3: Beschrijving van het rekenmodel t.b.v. neerslagreeks bij het opstellen van een SSW	15
Tabel 4: Overloopvolume conform tabellen KSW	17
Tabel 5: Neerslagafvoer in het SSW	26
Tabel 6: NWRW-inloopmodel	26
Tabel 7: Manningwaarden maaiveldmodel	27
Tabel 8: Definitie 'water-opstraatreservoir' boven rioolput	28
Tabel 9: Hydraulische ruwheid rioolstelsels	30
Tabel 10: Wandruwheid voor transportleidingen en persleidingen	30
Tabel 11: Manningwaarde beken en watergangen	32
Tabel 12: Manningwaarde duikers	32
Tabel 13: Intrede- en uittredeweerstand duikers	32
Tabel 14: Afvoercoëfficiënt stuw	33
Tabel 15: Advies te hanteren composietbuizen voor hydraulische toets riolering	34
Tabel 16: Standaard stresstestbuizen conform DPRA en KSW	35
Tabel 17: Historische gebeurtenissen conform DPRA en KSW	35
Tabel 18: Historische gebeurtenissen Zuid-Limburg volgens KNMI handregenstations	36
Tabel 19: Bezettingsgraad per maand voor verblijfsrecreatieve accommodaties	38

AFBEELDINGEN

Afbeelding 1: Overall processchema. Kleuren verwijzen naar bijlage B1 met gedetailleerd processchema	8
Afbeelding 2: Vier modellagen in een integraal rekenmodel	12
Afbeelding 3: Uitleg van terminologie	13
Afbeelding 4: Links schema rioleringsmodel en rechts schema maaiveldmodel met rioleringsmodel	16
Afbeelding 5: QH-relatie kolk	29
Afbeelding 6: QH-relatie putdeksel	29
Afbeelding 7: QH-relatie roosterdeksel (perforatiegraad 50%)	29
Afbeelding 8: Voorbeeld waarbij uitvoertijdstep groter is dan rekentijdstep	42

1 INLEIDING

Hydraulische berekeningen zijn nodig bij nieuwe ruimtelijke ontwikkelingen (ontwerp), maar ook bij het onderzoeken van wateroverlast en het bepalen van de strategie om het bestaande systeem stedelijk water correct en optimaal te laten functioneren (toetsen aan het actuele beleid). Het Systeemoverzicht Stedelijk Water (SSW) is een verbreding van het Basisrioleringsplan (BRP). Het gaat niet alleen om riolering, maar om al het water binnen de scope van de gemeentelijke zorgplichten. Stichting RIONED beoogt een uniforme aanpak en resultaat. Ook Waterschap Limburg (WL) heeft een visie op de benodigde inhoud van het SSW.

Voor een goede samenwerking in de afvalwaterketen is het belangrijk dat rekenmodellen op elkaar zijn afgestemd en dat berekeningen eenduidig worden uitgevoerd. Hiervoor bestaat de zogenaamde Uniforme Rekenmethode en het BRP-format. Het is nodig om realistische en stabiele berekeningen uit te voeren. Uiteraard zijn bepaalde parameters locatieafhankelijk of op meerdere wijzen te onderbouwen. Gesteld is dat van de parameters in deze rapportage in principe niet kan worden afgeweken. Alleen bij onderbouwing met monitoringsgegevens kan van bepaalde parameters gemotiveerd worden afgeweken.

Door de invoering van het SSW en de actualisatie van de module hydraulisch rekenen van de Kennisbank Stedelijk Water van Stichting RIONED is de actualisatie van de Uniforme Rekenmethode en het BRP-format gewenst. Het BROL (Bestuurlijk Regio Overleg Limburg voor de samenwerking in de waterketen) heeft besloten om deze actualisatie uit te laten voeren voor Limburg. Het opdrachtgeverschap is door het BROL gedelegeerd naar Waterschap Limburg.

Dit document is een actualisatie en een samenvoeging van de Uniforme Rekenmethode en het BRP-format. Het document is tot stand gekomen door de inhuur van bureau Kragten en in nauwe samenwerking met:

- Kragten (auteur H1, H2, H3, H5, H6, H8)
- RoyalHaskoningDHV (auteur H4, H7)
- Nelen & Schuurmans (klankbord)
- Sweco (klankbord)
- Waterschap Limburg (klankbord)
- Waterschapsbedrijf Limburg (klankbord)
- Gemeenten Gulpen-Wittem, Heerlen, Peel en Maas, Roermond, Sittard-Geleen, Simpelveld (gemeentelijke afvaardiging van de samenwerkingsregio's)

1.1 Leeswijzer

Hier staat kort vermeld wat de inhoud is van de verschillende hoofdstukken. De hoofdstukken 1, 2, 4 en 8 zijn voor allen, maar met name van belang voor de ambtenaar en degenen die informatie aan dienen te leveren. De overige hoofdstukken zijn voornamelijk van belang voor de adviseurs.

Hoofdstuk 1 beschrijft de aanleiding voor de Uniforme Rekenmethode, wie eraan hebben meegewerkt en hoe het rapport gelezen dient te worden.

In hoofdstuk 2 is het proces beschreven en is aangegeven wie de stakeholders zijn voor de totstandkoming van het SSW. Het processchema is een samenvatting van de verschillende stappen die doorlopen moeten worden tot een SSW te komen. Hierbij wordt ook doorverwezen naar de hoofdstukken 2 t/m 8 voor verdere toelichting. Het processchema en de uitwerking van de processtappen zijn in bijlage B1 opgenomen.

Hoofdstuk 3 beschrijft de modelkeuze. Waar de Kennisbank Stedelijk Water van Stichting RIONED alle mogelijke modelconcepten beschrijft worden in deze Uniforme Rekenmethode twee modelconcepten geadviseerd die geschikt zijn om alle informatievragen te onderzoeken. Hierbij wordt onderscheid gemaakt tussen het modelconcept voor een gebeurtenisberekening en het modelconcept voor langdurige reeksberekeningen.

Hoofdstuk 4 gaat over de brondata en de gegevenskwaliteit. De bruikbaarheid van de resultaten uit een rekenmodel valt of staat met de kwaliteit van de brondata waaruit een rekenmodel wordt opgebouwd. De meesten zijn wel bekend met: 'garbage in = garbage out'. Dit hoofdstuk gaat in op welke data voorafgaand aan het project verzameld moet worden en waar de brondata aan moet voldoen om een verantwoord rekenmodel te kunnen opstellen.

In hoofdstuk 5 zijn de te gebruiken parameters beschreven. De resultaten uit een rekenmodel worden beïnvloed door parameters, zoals constanten en variabelen. Een constante waarde zit in wiskundige formules die gebruikt worden door rekenmodellen. Denk hierbij aan de ruwheid van een leiding, die we eenduidig kunnen vastleggen. Een variabele is een waarde in het model die afhankelijk is van de situatie. Denk hierbij aan de infiltratiewaarde van de bodem. Beschreven zijn de parameters voor het neerslagmodel, het rioolmodel, het watergangenmodel en het maaiveldmodel.

In hoofdstuk 6 is de modelbelasting beschreven. Dit gaat enerzijds over de droogweerafvoer van bewoners, bedrijven en recreatie en anderzijds over de neerslag die gebruikt kan worden in de simulaties (berekeningen). De keuze welke extreme neerslag gebruikt moet worden is afhankelijk van gemeentelijk en waterschapsbeleid. Deze set met neerslaggebeurtenissen wordt uitgebreid met werkelijke neerslag ter verificatie van rekenresultaten.

In hoofdstuk 7 wordt ingegaan op het uitvoeren van simulaties met het rekenmodel. Welke instellingen moet je hanteren bij de simulaties, maar ook hoe zorg je ervoor dat je met de juiste condities de simulatie van een neerslaggebeurtenis of neerslagreeks start. Daarnaast wordt ingegaan op de verificatie van de berekeningsresultaten. Het hoofdstuk beschrijft de initiële condities, de simulatie-instellingen en hoe de resultaten geverifieerd dienen te worden teneinde een betrouwbare uitkomst te krijgen.

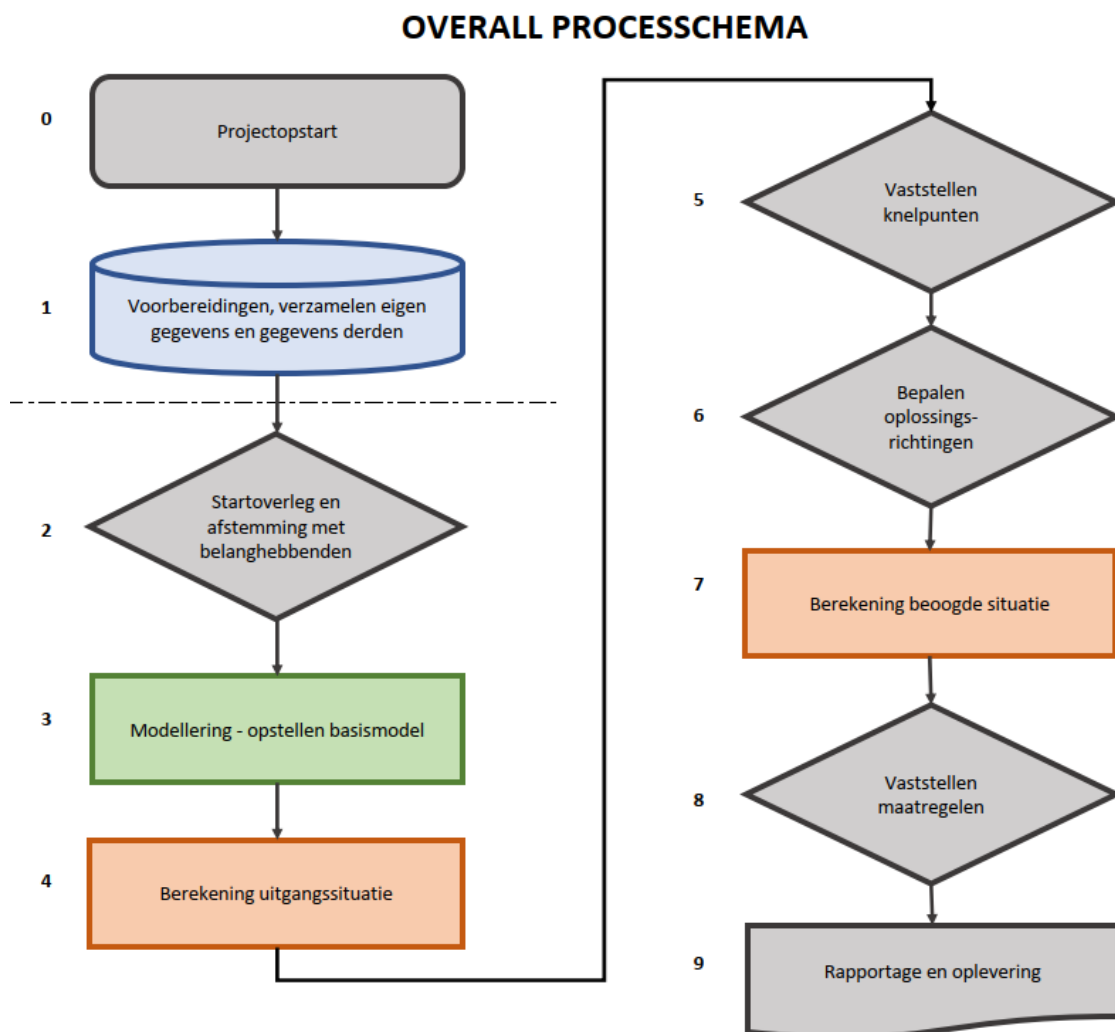
Hoofdstuk 8 geeft de opbouw van de rapportage met bijbehorende bijlagen weer. Deze heeft als basis de 'typische inhoudsopgave SSW' zoals door Stichting RIONED op de website www.riool.net is aangegeven. Aan deze basis zijn de specifieke eisen vanuit de Uniforme Rekenmethode (URM) toegevoegd. Hier staat kort vermeld wat de inhoud is van de verschillende hoofdstukken. De hoofdstukken 1, 2, 4 en 8 zijn voor allen, maar met name van belang voor de ambtenaar en degenen die informatie aan dienen te leveren. De overige hoofdstukken zijn voornamelijk van belang voor de adviseurs.

2 PROCESSHEMA EN STAKEHOLDERS

2.1 Processchema

In de Kennisbank Stedelijk Water van Stichting RIONED is het totstandkomingsproces SSW in een stappenplan omschreven. Zie www.riool.net met de zoekterm 'totstandkomingsproces SSW'. Het stappenplan op de website van Stichting RIONED omvat 6 stappen. Deze stappen zijn in dit rapport verder uitgewerkt in onderstaand processchema (zie Afbeelding 1)

De benodigde werkzaamheden zijn in een overall processchema uitgewerkt en omvat de volgende blokken:



Afbeelding 1: Overall processchema. Kleuren verwijzen naar bijlage B1 met gedetailleerd processchema

Stap 1 betreft de initiatiefase. Vanaf stap 2 betreft dit de uitvoering van het project. In de afbeelding kan op een item worden geklikt om verder te gaan naar het onderliggende detailschema waarin die stap nader is uitgewerkt.

0. De projectopstart betreft de initiatiefase van de noodzaak voor het opstellen van een SSW.
1. De voorbereidingen bestaan uit de aankondiging van het project bij de belanghebbenden en het vaststellen van de scope. Tevens valt hieronder het verzamelen, controleren en actualiseren van gegevens, het aanvullen met gegevens van derden (zoals waterschap, WVBL, RWVS e.d.), overige informatie vanuit gemeente (zoals onder andere inwoners, beleid e.d.) en het opstellen van de uitvraag. De uitkomst van deze stap is essentieel voor de uitkomst van het SSW. De data moet volledig en kwalitatief op orde zijn.
2. Vervolgens vindt het startoverleg met de belanghebbenden plaats waarin onder andere de uitgangspunten, randvoorwaarden en planning worden vastgelegd. Hierin wordt ook de scope besproken met de scenario's die moeten worden doorgerekend.
3. Op basis van de scope wordt het basismodel opgesteld.
4. Met dit model wordt de theoretische uitgangssituatie berekend. De uitkomst van dit rekenmodel moet worden getoetst aan de praktijk, ter controle of de theorie overeenkomt met de praktijk. Wanneer dit het geval is, kan dit rekenmodel als bestaande situatie worden aangehouden.
5. Hieruit volgen theoretische knelpunten welke getoetst moeten worden aan de praktijk. Belangrijk bij het vaststellen van de knelpunten is tevens de uitkomst van de ecologische toets.
6. In overleg met belanghebbenden worden mogelijke oplossingsrichtingen bepaald.
7. De beoogde situatie wordt doorgerekend.
8. Uit de berekening volgen de vastgestelde maatregelen. Indien de voorgestelde maatregelen niet haalbaar zijn, dienen vervolgens bij stap 6 alternatieve oplossingsrichtingen te worden bepaald.
9. De uitkomsten worden middels een uniforme rapportage gepresenteerd.

In bijlage B1 zijn deze processtappen nader uitgewerkt in een hoofdproces en meer in detail in de processen voorbereiding (1), modellering (3) en berekeningen (4 en 7). Het processchema hoeft niet chronologisch te zijn met de vordering van het project. Tijdens het startoverleg worden de beoogde modelscenario's besproken van beoogde (plan)situaties en verschillende modelbelastingen. De aanpak en volgorde kunnen daar op worden afgestemd.

2.2 Voorbereidingen

2.2.1 Vaststellen van de scope

Ter voorbereiding op het opstellen van een SSW wordt de scope vastgelegd. De scope bepaalt enerzijds de organisatie van het project en welke stakeholders er zijn. Anderzijds is het ook belangrijk om samen met de stakeholders het gewenste modelconcept (zie ook hoofdstuk 3) te bepalen. Hierbij is gebiedskennis essentieel om de invloed van de omgeving op het watersysteem in te schatten. Denk hierbij bijvoorbeeld aan de mogelijke invloed van landelijke watergangen op het stedelijk watersysteem of bijvoorbeeld de impact van de initiële condities op het hydraulisch functioneren. Om de scope goed te duiden is het nodig om een watersysteemkaart op te stellen, waaruit blijkt welke afbakening en interacties voor het project gelden. Vervolgens maken de stakeholders samen een afweging over de benodigde modelkeuze en acceptabele complexiteit van het model dat past bij het doel van het project. Het is raadzaam om hierbij ook een ervaren modelleur te betrekken, zodat de haalbaarheid en mogelijke impact op de opdracht vooraf inzichtelijk worden. Bij zeer complexe situaties is ook een marktconsultatie zinvol.

In de praktijk is gebleken dat grote plannen vaak een moeizaam proces zijn. Het voordeel van meer integraliteit weegt niet altijd op tegen het verlies aan nuance omdat het overzicht ontbreekt. Om te voorkomen dat het model te groot wordt, moet vooraf goed nagedacht worden wat de meest optimale omvang van het projectgebied is. Ook hierbij is het raadzaam om een ervaren modelleur te betrekken, zodat de haalbaarheid en mogelijke impact op de opdracht vooraf inzichtelijk worden.

2.2.2 Verzamelen data

Van belang bij een doorrekening is goede data. Het areaal van leidingen, putten en bijzondere voorzieningen dient op orde te zijn. Datzelfde geldt voor de verharde oppervlakken. Er is duidelijk wat op welke riolering is aangesloten en wat is afgekoppeld c.q. niet is aangesloten. Infiltratievoorzieningen en gemeentelijke buffers zijn volledig in kaart gebracht.

Omdat we te maken kunnen hebben met bodemstijging of bodemdaling, is het tevens van belang om actuele maaiveldhoogtes te hanteren. Maaiveldhoogtes uit revisies van 25 jaar geleden kunnen nu heel anders zijn. Om deze te actualiseren wordt gebruik gemaakt van de meest actuele AHN.

Daarnaast leveren de gemeente en derden de overige gegevens aan zoals opgenomen in het processchema en de checklist, zie bijlage B1 en B2. Het WBL levert een analyse van de dwa-afvoer en de actuele capaciteiten van haar gemalen.

Wanneer informatie (deels) niet actueel is, dient deze ten behoeve van de doorrekening geactualiseerd te worden. Het verzamelen en actualiseren van informatie dient voorafgaand aan de projectopdracht te zijn uitgevoerd. Het eventueel actualiseren van informatie dient door of namens de opdrachtgever via een separate opdracht te worden uitgevoerd.

2.3 Raakvlak redeneerlijn en ecologische toets

Ter verbetering van de kwaliteit van het oppervlaktewater (alle wateren van Waterschap Limburg en Rijkswaterstaat) is door Waterschap Limburg en Waterschapsbedrijf Limburg een redeneerlijn opgesteld om maatregelen op grond van de verwachte effectiviteit hiervoor af te wegen. In de toelichting staat: "Doen we de goede dingen en doen we die dingen vervolgens goed? De cultuuromslag van sterk normatief beleid naar een meer effectgerichte benadering is een feit. Hierbij staat de vertaling naar beleid en uitvoering centraal: het functioneren van het watersysteem als geheel en aanpak van knelpunten daarin. In het perspectief van deze cultuuromslag hebben partijen binnen de waterketen de ruimte om op basis van nieuwe kennis en inzichten in de lokale situatie nadere afspraken met elkaar te maken. De redeneerlijn is daarbij een hulpmiddel."

Met de effectgerichte redeneerlijn wil Waterschapsbedrijf Limburg de afnamecapaciteiten onderzoeken van transport- en zuiveringssysteem. Voor gemeenten kunnen maatregelen aan overstorten worden onderzocht. Samen worden doelmatige capaciteiten en maatregelen bepaald. Hierbij wordt geredeneerd vanuit de kwaliteit van het oppervlaktewater.

De redeneerlijn is een belangrijk raakvlak voor het opstellen van een SSW. De redeneerlijn is bewust niet integraal opgenomen in de Uniforme Rekenmethode. Het is wel belangrijk dat de benodigde werkzaamheden, gegevens en planning voor aanvang van het project op elkaar worden afgestemd. Het format voor aanlevering van berekeningsresultaten komt in hoofdstuk 8 aan bod. Verder is een belangrijk gegeven hierbij dat het ecologische veldwerk niet het gehele jaar kan worden uitgevoerd, maar waarvoor wel input vanuit het SSW gewenst is. Voor de ecologische toets is hoogzomer (medio juli t/m augustus) en de winter (medio december t/m februari) minder geschikt. Dit in verband met de vergelijkbaarheid met de gegevens uit de reguliere monitoring macrofauna door de waterbeheerder(s). In gezamenlijk overleg is maatwerk in de aanpak mogelijk. Hierbij is het denkstappenmodel van Stichting RIONED en STOWA een goed hulpmiddel.

Het veldwerk voor de ecologische toets wordt in beginsel door de ecooloog van de waterbeheerder(s) uitgevoerd. Het is gewenst dat de rioolbeheerder (meestal van gemeente) vanwege zijn lokale kennis hierbij aanwezig is. Verder kan elke opdrachtgever ervoor kiezen om ook een eigen ecooloog bij het veldwerk en de beoordeling te betrekken.

2.4 Stakeholders

Tijdens het opstellen van het SSW heeft u in de diverse processtappen te maken met verschillende stakeholders inzake informatieuitwisseling en overleg. Bij het startoverleg dienen in ieder geval aanwezig te zijn de opdrachtgever, Waterschap Limburg en Waterschapsbedrijf Limburg. In het startoverleg dient gezamenlijk te worden bepaald welke stakeholders of disciplines in de vervolgstappen aan dienen te schuiven of gegevens aan dienen te leveren. In het startoverleg dient tevens de checklist als opgenomen in paragraaf 0 te worden doorgenomen.

Afhankelijk van de scope en geografische ligging zijn dit de stakeholders:

- Gemeente
- Waterschap Limburg
- Waterschapsbedrijf Limburg
- Rijkswaterstaat
- Waterleiding Maatschappij Limburg
- Provincie Limburg
- ProRail
- Derden (bedrijven, grote lozers, openbare zwembaden etc.)

Binnen de gemeente volgt informatie vanuit verschillende disciplines:

- Beheerder gegevens
- Beheerder gemalen
- Beleid
- Meten, Monitoren, Rekenen (MMR)
- Ruimtelijke ordening
- Schadeclaims, klachten en meldingen (o.a. vanuit Klantcontactcentrum (KCC), verzekeraars, brandweer)
- Uitvoering

De contactpersoon van Waterschap Limburg bepaalt welke rollen of benodigde input nodig is voor het project.

Dit zijn in ieder geval:

- Adviseur Stedelijk Water (= contactpersoon)
- Hydroloog
- Ecoloog

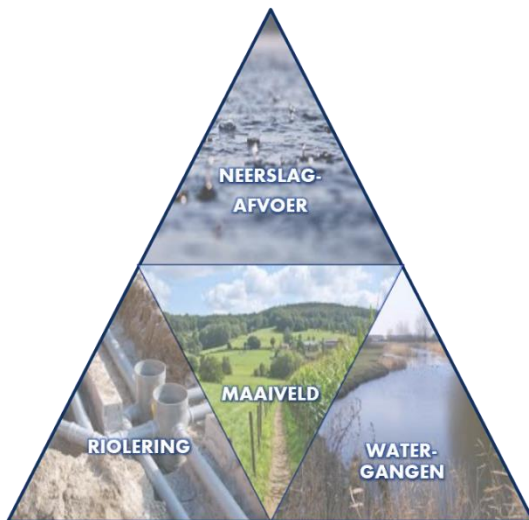
Vanuit Waterschapsbedrijf Limburg is minimaal betrokken:

- Contactpersoon rioleringszaken

3 MODELKEUZE

3.1 Algemeen

Zoals in de Kennisbank Stedelijk Water is omschreven is het beste model het meest eenvoudige model dat in staat is de relevante processen goed genoeg te beschrijven. Dat is een korte en bondige stelling, maar daarmee is de keuze nog steeds niet simpel. Wat het beste model is hangt af van de waterstromen die relevant zijn en wanneer deze goed genoeg beschreven zijn. De antwoorden op deze vragen zijn in de voorbereidende fase vastgesteld, zie hoofdstuk 2.

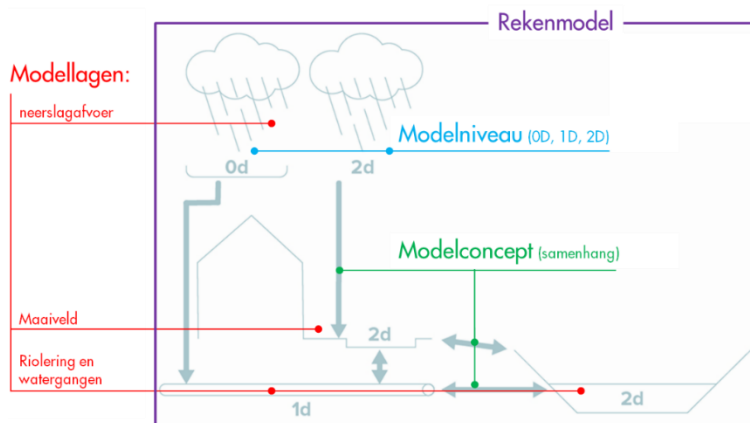


Afbeelding 2: Vier modellagen in een integraal rekenmodel

De verschillende modellagen (neerslagafvoer, riolering, watergangen, terrein) kunnen op meerdere manieren worden geschematiseerd. De Kennisbank Stedelijk Water geeft hiervoor alle mogelijke combinaties en daarmee in totaal 34 verschillende modelconcepten. In de Kennisbank Stedelijk Water wordt de modelkeuze hoofdzakelijk gebaseerd op een viertal informatievragen (www.riool.net, zoek op 'informatiebehoefte en modeldoelstelling'). Door deze vragen nog net iets gericht te stellen, kan makkelijker een keuze worden gemaakt. Hier wordt in paragraaf 3.3 verder op ingegaan.

Ten behoeve van de leesbaarheid worden eerst enkele veelgebruikte termen toegelicht, zie ook Afbeelding 3:

- Rekenmodel:
Het totale theoretische model waarmee simulaties (hydraulische/hydrologische berekeningen) worden uitgevoerd. Een rekenmodel bestaat/kan bestaan uit meerdere modellagen die aan elkaar zijn gekoppeld
- Modelconcept:
De samenhang tussen verschillende modellagen, waarbij elke modellaag een eigen abstractie- en detailniveau heeft (modelniveau).
- Modellaag:
De meest voorkomende modellagen zijn: neerslagafvoer, riolering, watergangen en terrein (Afbeelding 2).
- Modelniveau:
Het abstractieniveau waarop een modellaag wordt gebouwd (0D, 1D, 2D, 3D).
- Modelschematisatie:
Detaillering van de modelonderdelen op een modellaag afhankelijk van het gekozen modelniveau.



Afbeelding 3: Uitleg van terminologie

3.2 Modelniveaus

In de stedelijke en landelijke waterwereld komen vaak de termen 0D, 1D en 2D voorbij. Soms wordt zelfs de term 3D gebruikt. Eenvoudig uitgelegd gaat het hierbij om het aantal dimensies waarin de stroming plaatsvindt. Zo is bijvoorbeeld een 'bakjesmodel' of 'reservoirmodel' altijd 0D omdat het alleen vulling kent en geen stroming. Meer informatie over de betekenis van deze termen is te vinden in de Kennisbank Stedelijk Water (www.riool.net, zoek op 'stap ii modelconcept selecteren').

Modelniveaus:

0D - berekening zonder richting (bijvoorbeeld een bakjesmodel).

1D - berekening in één richting (lengte as van de buis of waterloop). Model van knopen en strengen.

2D - berekening in twee richtingen (bijvoorbeeld afstroming over het terrein- of maaiveldmodel).

3D - niet van toepassing in de modellen voor stroming over terrein (zie hiervoor 2D).

De combinaties van modellagen met verschillende modelniveaus (0D/1D/2D) leidt tot veel mogelijkheden voor het modelconcept. In paragraaf 3.4 wordt het modelconcept voor een SSW verder toegelicht.

Niet alle modellagen kunnen op alle modelniveaus worden gemodelleerd. Een 2D rioolmodel bestaat bijvoorbeeld niet. Wel kan een 1D rioolmodel worden gekoppeld aan een 2D maaiveldmodel om zo de daadwerkelijke interactie tussen riool en maaiveld te kunnen berekenen. In dat geval spreken we over een 1D-2D rekenmodel. Een watergang kan wel als onderdeel van het maaiveld in 2D worden gemodelleerd. Dit heeft voor- en nadelen, daarom moet een afweging worden gemaakt om tot het gewenste modelconcept te komen dat de informatievragen beantwoordt. Het gebruik van 3D modellen is nog in ontwikkeling en wordt daarom nog buiten beschouwing gelaten binnen deze Uniforme Rekenmethode.

3.3 Informatievragen en modelniveaus

De Kennisbank Stedelijk Water geeft ten behoeve van de modelkeuze vier informatievragen. De vier informatievragen zoals omschreven in de Kennisbank Stedelijk Water zijn:

- 1) Inzicht in het systeemgedrag bij werkelijke gebeurtenissen
- 2) Inzicht in het hydraulisch functioneren van een stelsel in maatgevende neerslagsituaties
- 3) Inzicht in wateroverlast in extreme neerslagsituaties
- 4) Inzicht in het milieutechnisch functioneren van een rioolstelsel

Hiermee is de uiteindelijke keuze voor het modelconcept echter nog steeds niet vastgelegd. Die hangt immers ook af van de vraag wanneer een en ander goed genoeg in beeld is gebracht en welk systeem (modelafbakening) moet worden bekeken. Om hier onderscheid in te maken is het handig om op basis van de verschillende modellagen te bekijken welk detailniveau noodzakelijk is. Het spreekt voor zich dat een modellaag die niet noodzakelijk is om de informatievraag te kunnen beantwoorden ook niet gemodelleerd hoeft te worden.

Welk modelconcept gekozen wordt hangt onder andere af van welke vraag relevant is of welke vragen relevant zijn. Het kan daarbij voorkomen dat om alle vragen te kunnen beantwoorden meerdere modelconcepten worden gekozen. In de Uniforme Rekenmethode schrijven we de minimale vereisten voor. Een opdrachtnemer kan de keuze maken om met een uitgebreider rekenmodel te werken dan voorgeschreven.

Tabel 1 geeft de mogelijke modelniveaus per modellaag weer. Hierbij zijn combinaties binnen een modellaag mogelijk. Bijvoorbeeld een OD-2D neerslagafvoermodel waarbij de daken via OD aan het rioolstelsel worden gekoppeld en 2D om de neerslagafvoer van het verharde en onverharde terrein te modelleren. In paragraaf 3.4 wordt het gewenste modelconcept voor een SSW beschreven.

Tabel 1: Mogelijkheden modelniveau per modellaag

Modellaag	Minimaal modelniveau	Toelichting	T.b.v. informatievraag			
			1	2	3	4
Neerslagafvoer	OD	Bijv. NVRW inloopmodel of externe neerslagafvoermodellen.	•	•	•	•
	2D	Bijv. oppervlakkige maaiveld afstroming o.b.v. maaiveldmodel.	•	•	•	•
Riolering	OD	Bijv. globaal effect emissiemaatregelen met reservoirmodel.				•
	1D	Conventionele rioleringsberekening	•	•	•	•
Watergangen	OD	Bijv. globaal effect peilstijging op riooloverstort.	•	•	•	(•)
	1D	Conventionele watergangberekening.	•	•	•	(•)
	2D	Een watergang als onderdeel van het maaiveldmodel (2D) moet goed worden gecontroleerd op doorstroomprofiel.	•	•	•	(•)
Maaiveld	OD	Als fictieve berging boven de putten/knopen in een 1D riool- en/of watergangenmodel.				•
	1D	Methode met fictieve 'goten' van rioolput naar rioolput waarmee stroming over maaiveld van de ene naar de andere put kan worden berekend. Dit geeft een grove indicatie waar water op straat naar toe kan stromen.		•		•
	2D	Nauwkeurigheid sterk afhankelijk van gehanteerde parameters (zie hoofdstuk 5).	•	•	•	•

(•) Ten behoeve van uniformiteit wordt dit niet toegepast. Optioneel kan dit wel in een extra berekening worden onderzocht.

3.4 Modelconcept Systemoverzicht Stedelijk Water (SSW)

De Uniforme Rekenmethode heeft als doel om de wijze waarop SSW's worden opgesteld zoveel mogelijk te omschrijven en vast te stellen. Het gaat dan ook te ver om in dit document alle mogelijke combinaties van modelniveaus te omschrijven (in de Kennisbank Stedelijk Water zijn 34 combinaties vermeld). De in de vorige paragrafen omschreven informatie kan als hulpmiddel worden gebruikt wanneer andere typen berekeningen nodig zijn. Bij het opstellen van een SSW dienen meerdere typen berekeningen te worden uitgevoerd met alle modellagen waarbij verschillende modelniveaus mogelijk zijn. De benodigde berekeningen kunnen worden onderverdeeld in hydraulische, hydrologische en milieutechnische berekeningen. In deze paragraaf is omschreven welke modelniveaus voor deze typen berekeningen dienen te worden gehanteerd.

Onderdeel van de hydraulische berekeningen zijn onder andere hydraulische toetsen en stresstesten. Daarbij speelt de afstroming van onverharde terreindelen een rol én de uitwisseling tussen het rioolmodel en het maaiveldmodel (instroom en uitstroom via kolken en putten). Het hydraulische rekenmodel moet daarom over een maaiveldmodel beschikken. Voor de milieutechnische berekeningen is in de Kennisbank Stedelijk Water beschreven dat het maaiveldmodel niet hoeft te worden meegenomen.

Binnen deze Uniforme Rekenmethode wordt, uit oogpunt van uniformiteit, binnen bebouwd gebied voorgeschreven welke modelniveaus moeten worden gehanteerd. In onderstaande tabellen zijn de bij het opstellen van een SSW te hanteren modelniveaus van de verschillende modellagen weergegeven. Buiten bebouwd gebied is altijd afstemming nodig met Waterschap Limburg (zie ook hoofdstuk 2).

Tabel 2: Beschrijving van het rekenmodel t.b.v. neerslaggebeurtenis bij het opstellen van een SSW

Modellaag	Specificatie	Modelniveau	Aandachtspunten
Neerslagafvoer	Daken	0D	Daken die ondergronds zijn aangesloten.
		2D	Daken die oppervlakkig afwateren.
	Maaiveld	0D	Ten behoeve van optioneel extern neerslagafvoermodeel.
		2D	Rekening houden met de verschillende parameters per landgebruik en helling.
Riolering	Leidingen en putten ten behoeve van inzameling afvalwater en regenwater	1D	Rioolputten gekoppeld aan maaiveldmodel, zie ook hoofdstuk 5. Lijngoten, kolken, holle trottoirbanden en andere voorzieningen bedoeld om water vanaf maaiveld naar de riolering af te voeren moeten in het model worden opgenomen.
Watergangen	Binnen stedelijk gebied	1D	Watergangen langs insteeklijnen koppelen aan maaiveldmodel.
		2D	Aandacht voor correct doorstroomprofiel (ook onder de waterlijn) en bijzondere voorzieningen (duikers, stuwen en gemalen).
	Buiten stedelijk gebied:		
	- Alleen invloed op riolering relevant	0D	Input vanuit berekeningen watergangen noodzakelijk. Check op instromend water.
	- Hydrologische berekeningen hoofdwatgangen	1D	Op basis van leggerprofielen en bijzondere voorzieningen (duikers, stuwen en gemalen). Insteeklijnen koppelen aan maaiveldmodel.
- Overige watergangen en regenwaterbuffers	2D	Aandacht voor correct doorstroomprofiel (ook onder de waterlijn) en bijzondere voorzieningen (duikers, stuwen en gemalen).	
Maaiveld	Binnen stedelijk gebied	2D	Panden uitsluiten van inundatie (water tegen gevel), zo nodig objecten meenemen die waterstroming beïnvloeden (bushaltes, muurtjes e.d.).
	Buiten stedelijk gebied	2D	Panden uitsluiten van inundatie (water tegen gevel).

Tabel 3: Beschrijving van het rekenmodel t.b.v. neerslagreeks bij het opstellen van een SSW

Modellaag	Specificatie	Modelniveau
Neerslagafvoer	Daken	0D
	Openbare verhardingen	0D
	Inritten woningen	0D
	Overige particuliere verhardingen	0D
Riolering	Leidingen en putten ten behoeve van inzameling afvalwater en regenwater	1D
Watergangen	Alleen opnemen indien invloed op riolering relevant	0D / 1D
Maaiveld	Niet opnemen in model, conform Kennisbank Stedelijk Water	n.v.t.

4 BRONDATA EN GEGEVENSKWALITEIT

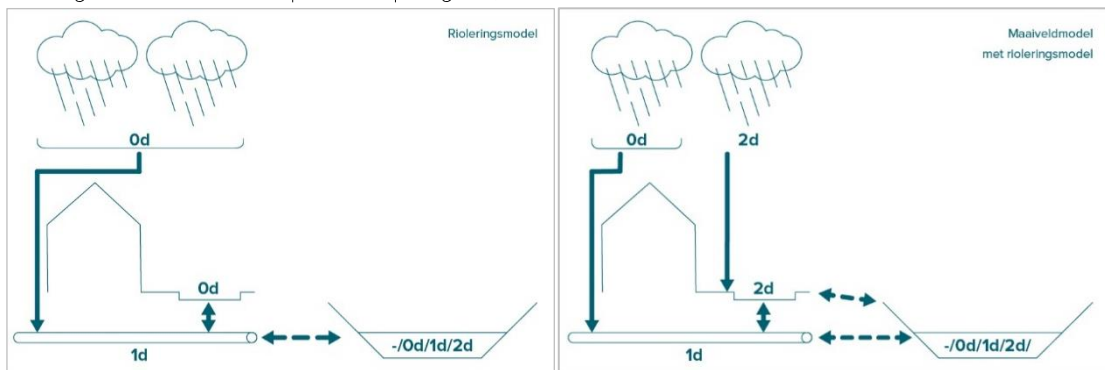
De bruikbaarheid van de resultaten uit een rekenmodel valt of staat met de kwaliteit van de brondata waaruit een rekenmodel wordt opgebouwd. De meesten zijn wel bekend met: 'garbage in = garbage out'. Belangrijk is dus om eerst te verifiëren of de benodigde data beschikbaar is en zo ja, of deze voldoende betrouwbaar is. Dit hoofdstuk gaat in op welke data verzameld moet worden en waar de brondata aan moet voldoen om een verantwoord rekenmodel te kunnen opstellen.

4.1 Neerslagafvoermodel

Het neerslagafvoermodel beschrijft hoeveel neerslag er netto uiteindelijk vanaf het oppervlak afstroomt de riolering of watergang in, rekening houdend met verdamping, infiltratie in de bodem en initiële berging op maaiveld en afstromingsvertraging. Hierbij is er onderscheid tussen stedelijk en landelijk gebied. In de volgende paragrafen wordt hier nader op ingegaan, zodat de juiste brondata wordt verzameld en op kwaliteit wordt gecontroleerd. De bijbehorende parameters komen in hoofdstuk 5 aan bod.

4.1.1 Stedelijk gebied

Hierbij is het belangrijk welke keuze gemaakt wordt. Kiest u hier voor het modelniveau OD of 2D (zie paragraaf 3.3 en Tabel 1 voor nadere uitleg)? Bij OD geldt dat de standaardwaarden conform de NWRW¹ worden toegepast voor de twaalf verschillende typen oppervlakken² (onverharde oppervlakken alleen bij extreme neerslagsituaties, zie verderop in deze paragraaf).



Afbeelding 4: Links schema rioleringsmodel en rechts schema rioleringsmodel met maaiveldmodel. Beide kunnen worden uitgebreid met het oppervlaktewatermodel of in versimpelde vorm met een (fluctuerende) waterstand als randvoorwaarde. (bron: Kennisbank Stedelijk Water Stichting RIONED)

Zoals in hoofdstuk 3 beschreven valt bij modelniveau 2D de neerslag op het maaiveldmodel, waarna het over maaiveld naar de riolering of watergang stroomt. Uitzondering hierop zijn de daken. Het dakoppervlak dient meestal op modelniveau OD gemodelleerd te worden (bij de meeste panden wordt de neerslag van het dak ondergronds via regenpijpen naar de openbare riolering afgevoerd). Daar waar de neerslag van de daken wel over maaiveld stroomt, moet dit wel worden meegenomen in 2D.

In het maaiveldmodel van een stedelijk gebied moet worden aangegeven wat de infiltratiecapaciteit is per type oppervlak en de ruwheid van het oppervlak in plaats van de afstromingsvertraging, zie hiervoor paragraaf 5.1. De initiële berging, of in dit geval berging op maaiveld, zit al deels automatisch verdisconteerd in de hoogteligging van het maaiveldmodel en hoeft meestal niet apart toegevoegd te worden.

¹ NWRW staat voor Nationale Werkgroep Riolering en Waterkwaliteit. Deze werkgroep is in 1982 door het ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer ingesteld. De NWRW heeft in 1989 een inloopmodel opgesteld, dat sinds 1995 als standaard wordt gebruikt (NWRW 4.3 onderzoek). Dit inloopmodel beschrijft de vervorming in de tijd van het verloop van neerslag op het afvoerend oppervlak naar de inloop van het rioolstelsel.

² De twaalf typen oppervlakken zijn: gesloten verharding (hellend, vlak en vlak uitgestrekt), open verharding (hellend, vlak en vlak uitgestrekt), dakverharding (hellend, vlak en vlak uitgestrekt), onverhard oppervlak (hellend, vlak en vlak uitgestrekt). Vlak uitgestrekt geldt als het oppervlak meer dan 100 m van de riolering is gelegen. Hellend oppervlak is van toepassing bij een helling groter dan 4%.

4.1.1.1 Afvoerend oppervlak

Het afvoerend oppervlak vormt de basis voor de inloop van regenwater voor het neerslagafvoermodel en is daarmee een belangrijk onderdeel van de hydraulische berekeningen. Het blijkt dat er in de praktijk verschillend wordt omgegaan met de inventarisatie van inritten, terrassen en achterpaden. Ook de wijze van naverkennen (steekproefsgewijs of volledig) verschilt per gemeente of adviesbureau. In deze Uniforme Rekenmethode is extra aandacht voor particuliere verharding in de meer hellende gebieden in Limburg en wijken we af van de Kennisbank Stedelijk Water.

Het is van zeer groot belang dat betrouwbare en juiste gegevens worden gebruikt. Ter illustratie: bij een afwijking van 5% van het verhard oppervlak kan de afwijking in het berekende overstortvolume circa 12% zijn. Dit is namelijk afhankelijk van het afvoerend oppervlak in relatie tot de hoeveelheid berging en de pompovercapaciteit. Zie hiervoor de tabellen in de Kennisbank Stedelijk Water (<https://www.riool.net/tabellen-bergen-afvoeren-en-overlopen-met-inloopmodel>) en de voorbeeldberekening in Tabel 4.

Tabel 4: Overloopvolume conform tabellen KSW

Zie ook: <https://www.riool.net/overloopvolume-mm/jaar>

referentie

afvoerend oppervlak	10	ha		
stelselberging	700	m ³	=	7.00 mm
berging in randvoorziening	200	m ³	=	2.00 mm
pompovercapaciteit	70	m ³ /uur	=	0.70 mm/uur
overloopvolume	3700	m ³	=	37.0 mm

toename 5% afvoerend oppervlak

afvoerend oppervlak	10.5	ha		
berging	700	m ³	=	6.67 mm
berging in randvoorziening	200	m ³	=	1.90 mm
pompovercapaciteit	70	m ³ /uur	=	0.67 mm/uur
overloopvolume	4363	m ³	=	41.5 mm

Verskil overloopvolume	12.3	%
------------------------	------	---

Uitgangspunt bij ontwerpberekening

Bij het ontwerpen van een nieuw rioelstelsel moet het afvoerend oppervlak voldoende ruim worden aangenomen om hydraulische problemen en wateroverlast te vermijden. Een bestemmingsplanktekening is nog onvoldoende concreet om oppervlakken vast te stellen. Een stedenbouwkundige tekening kan zeker bij gefaseerde uitvoering nog worden aangepast (bijvoorbeeld verdichting van de bebouwing in crisisperiodes of niet-sluitende exploitatie). Daarom dient het afvoerend oppervlak op bedrijventerreinen op 100% verharding te worden aangenomen. Omdat blijkt dat particulieren nog altijd vaak kiezen voor een onderhoudsarme tuin en veel bestrating toepassen, dient hier voldoende rekening mee te worden gehouden. Dit kan door de stedenbouwkundige tekening als basis te nemen en naast het dakoppervlak ook 50% van de kavels als afvoerend oppervlak toe te voegen. Bij minder concrete plannen wordt geadviseerd uit te gaan van een verhardingspercentage van minimaal 70%.

Uitgangspunt bij berekening in 1D (reeksberekening)

Een goede bron om een overzicht te krijgen van de verharde oppervlakken in openbaar gebied is de BGT. De meest actuele BGT is te downloaden via de site www.pdok.nl. Middels de BGT-inlooptool die is ontwikkeld door Stichting RIONED wordt eenvoudig met een plug-in voor ArcGIS Pro of QGIS een vlakkenkaart gemaakt met de verharde oppervlakken in openbaar gebied (handleiding op de site van Stichting RIONED beschikbaar). Tevens kunnen de erven meegenomen worden. Op basis van de riooldata die op de GWSW-server staat (of wordt geplaatst) wordt ook bepaald of het afvoert naar een gemengd of regenwaterstelsel. Hierbij is het dus belangrijk dat in het rioolbeheersysteem per rioolstreng juist is aangegeven welk type stelsel het betreft (gemengd, vuilwater of hemelwater). Wat nog weleens misgaat, is dat door de rioolbeheerder bij verwerking van de revisie van een vervangen gemengd riool, waarbij er naast het gemengde riool een hemelwaterriool is aangelegd, dit gemengde riool in het rioolbeheersysteem als vuilwaterriool wordt ingevoerd in plaats van gemengd. De BGT-inlooptool zal dan alle verharding toekennen aan het hemelwaterriool. Op basis van de BAG-panden wordt bepaald of een dak hellend of vlak is.

Met de BGT-inlooptool wordt een 80% tot 90% versie verkregen. Er kunnen een aantal generieke instellingen ingevuld worden, zoals maximale afstand van pand of verhardingsvlak tot oppervlaktewater en afwateringsvoorziening, verhardingsgraad erf. Vervolgens dient de gegenereerde kaart nagelopen te worden op de volgende punten:

- Per vlak moet worden aangegeven welk percentage naar welk rioolsysteem afvoert (in die situaties dat er een hemelwaterstelsel naast het gemengde rioolstelsel is gelegen). Denk hierbij aan panden waarbij de voorzijde van het hellende dak is afgekoppeld van de gemengde riolering.
- Voor wegooppervlakken die hellend zijn, moet dit handmatig worden aangepast.
- Voor de panden waarvan in de BAG niet geregistreerd staat of ze een hellend of plat dak hebben, dient handmatig te worden aangegeven of het vlak of hellend is.
- Uitgestrekte verharde oppervlakken (afstroomlengte groter dan 100m) die een vertraging in de afstroming naar de riolering kennen, dienen handmatig te worden aangegeven.
- De verharding op niet-openbare terreinen (de BGT-inlooptool kan alleen één percentage voor alle erven meenemen). In deze Uniforme Rekenmethode is vastgesteld dat dit specifiek moet worden bepaald.
 1. **Opritten:** De neerslag op deze verharding zal altijd tot afstroming komen naar de openbare weg als de helling van het oppervlak naar de openbare weg toe groter dan of gelijk is aan 4% is. Als dit het geval is moeten de opritten altijd worden meegenomen. Hierbij hanteren we een maximale lengte voor de oprit tot achterzijde woning. Als de helling van de oprit (bijvoorbeeld naast de woning) vlak is of tegengesteld, dan wordt dit deel niet meegenomen.
 2. **Achtereind bij woningen:** Hiervan is niet met zekerheid vast te stellen hoeveel neerslag tot afstroming komt naar de riolering. Conform de Kennisbank Stedelijk Water worden deze oppervlakken voor reeksberekeningen buiten beschouwing gelaten. De ervaring is dat als deze oppervlakken wel worden meegenomen dit tot een overschatting leidt van de overstortvolumes. Tevens is het lastiger om rekenresultaten te vergelijken met voorgaande reeksberekeningen waarin deze niet zijn meegenomen. Voor 2D berekeningen geldt een ander uitgangspunt (zie verderop in deze paragraaf onder het kopje 'Uitgangspunten bij herberekening 1D-2D')
 3. **Verharding rond panden op grote percelen** (indicatie verhard oppervlak 300 m² of meer): Deze verharding (rondom appartementen, kantoren/bedrijven, scholen, e.d.) is goed vast te stellen op basis van (infrarood)luchtfoto's. In die gevallen waar geen oppervlaktewater langs het perceel ligt, is er een grote kans dat deze verharding afwatert naar de riolering. In die gevallen van percelen langs oppervlaktewater dient middels een bezoek ter plaatse te worden vastgesteld of er een (deel) van de verharding rechtstreeks afwatert naar het oppervlaktewater. Een conservatieve aanname is dat 100% van de verharding afwatert naar de riolering. Bij grote bedrijven en parkeerplaatsen wordt wel geadviseerd om uit te gaan van het type uitgestrekt, als het oppervlak meer dan 100 m vanaf de riolering is gelegen, zodat er rekening wordt gehouden met meer vertraging in de afvoer van de neerslag naar de riolering.

Voor alle drie de voornoemde situaties dient bij nieuwbouw na 2003 (het jaar waarin de watertoets werd verplicht) als extra controle te worden geïnventariseerd of de percelen over een eigen infiltratievoorziening beschikken. Dit resulteert dan in minder belasting op het rioleringsstelsel, behalve bij extreme neerslag als de berging vol is en de infiltratiecapaciteit lager is dan de regenintensiteit.

Voor elke (particuliere) infiltratievoorziening geldt dat naast de berging in millimeters ook de wijze waarop de noodoverloop plaatsvindt bekend moet zijn, bijvoorbeeld naar maaiveld of naar het rioolstelsel (type). Voor de ledigingscapaciteit van de particuliere infiltratievoorzieningen wordt uitgegaan van 24 uur. De wijze waarop particuliere voorzieningen in de rekenmodellen worden opgenomen is beschreven in paragraaf 5.1.1.

In hellend gebied dient met behulp van het AHN vast te worden gesteld waar de neerslag van het verhard oppervlak naartoe afvoert (naar welke rioolleiding c.q. -put). Bij een gelijkmatige verdeling (Thiessen polygonen methode is een gebruikelijke methode in vlak gebied) kan er meer belasting bovenstrooms worden toegekend dan in de praktijk het geval is. In hellend gebied dient de neerslag die valt op het maaiveld benedenstrooms op de eerste put of leiding te worden toegekend.

Als er twijfel is over de berekeningsresultaten, dan is de beste methode om te gaan meten bij de overstorten in plaats van proberen het aangesloten verhard oppervlak zo nauwkeurig mogelijk te gaan bepalen.

Uitgangspunt bij berekening in 1D-2D (gebeurtenisberekening)

Bij berekeningen met een maaiveldmodel wordt het terreinoppervlak niet via een inloopmodel toegevoegd, maar stroomt de gevallen neerslag op het maaiveld af naar kolken, lijngoten, roosterdeksels of watergangen (2D). Op basis van de verhardingenkaart, zoals die wordt opgesteld voor 1D berekeningen, dient in het maaiveldmodel te worden aangegeven welk type verharding het betreft middels infiltratiecapaciteiten en ruwheden. Voor de daken dient bepaald te worden of de neerslag hiervan over het maaiveld naar de kolken of watergang afstroomt of via een ondergrondse huisaansluiting direct op de riolering is aangesloten. In het laatste geval wordt voor de daken het inloopmodel toegepast (zie paragraaf 5.1.1) en dienen de daken uitgesloten te worden van het maaiveldmodel om een dubbeltelling te voorkomen.

Bij 1D-2D berekeningen dient het verhard oppervlak in de achtertuinen wel meegenomen te worden, dit in tegenstelling tot 1D reeksberekeningen. Middels infrarood foto's wordt bepaald welk deel van de achtertuinen verhard of onverhard is en wordt het verschil in ruwheid en infiltratiecapaciteit meegenomen in het maaiveldmodel. Het hoogteverloop in het maaiveldmodel bepaalt vervolgens wanneer er afstroming naar het rioolmodel of watergangen plaatsvindt.

4.1.2 Landelijk gebied

Voor het landelijk gebied is er geen standaard neerslagafvoermodel met vaste parameters voor infiltratie, initiële berging en afstromingsvertragingen, zoals voor het stedelijk gebied. Ten opzichte van stedelijk gebied spelen de bodemopbouw (initiële infiltratiesnelheid en de wijze waarop deze afneemt en weer toeneemt), verdamping en begroeiing (ruwheid) en hellend of vlak gebied een veel belangrijkere rol in het landelijk gebied. Voor iedere locatie is het maatwerk.

Het waterschap beschikt voor heel Limburg over een gedetailleerd neerslagafvoermodel, waarin ook het landelijk afvoerend oppervlak is meegenomen. In hoofdstuk 5 en 7 wordt ook ingegaan op de initiële situatie en validatie van het rekenmodel. In samenspraak met het waterschap moet bepaald worden hoe deze beschikbare data op een juiste wijze kan worden geïmplementeerd in het watergangenmodel. Dit wordt al tijdens het bepalen van de scope (zie hoofdstuk 2) besproken met het waterschap.

4.2 Rioolmodel

In deze paragraaf wordt ingegaan op de modellaag riolering. De grens van het rioolmodel ligt na het ontvangstwerk op de zuivering (influentgemaal en de buffer met overstort) en de uitlaten of overstorten van het rioolstelsel op het watersysteem. Het rioolmodel is dus inclusief de afvalwatertransportleidingen van het WBL.

4.2.1 Rioolbeheerdata

De kwaliteit van een rioolmodel wordt in grote mate bepaald door de kwaliteit van de rioolbeheerdata. De brondata van de putten en leidingen staat in het rioolbeheersysteem van de beheerder. Voor hydraulische berekeningen zijn de volgende gegevens nodig:

- Ligging (x- en y-coördinaten) en samenhang van de onderdelen van het rioolstelsel.
- Geometrie van de stelselonderdelen (afmetingen en materiaal).
- Maaiveldhoogte bij de putten.
- Hoogteligging leidingen (binnen-onderkant-buis).

Controleer altijd of de vaste gegevens en bestanden actueel, juist en volledig zijn. Bij de controle moeten de volgende vragen beantwoord worden:

- Zijn alle noodzakelijke gegevens aanwezig?
- Zijn de revisiegegevens ingevoerd?
- Vormen de knopen (met iedere knoop een uniek ID) en verbindingen één geheel? Door de toename van losse infiltratievoorzieningen vraagt dit aspect om meer aandacht, want hierdoor zijn losliggende knopen niet per se onjuist.
- Zijn er meer dan vier leidingen op een put aangesloten? Zo ja, dan dient gecontroleerd te worden of dit werkelijk zo is.
- Is van iedere put en rioolleiding duidelijk tot welk stelseltype ze behoren?

- Zijn er geen losliggende gebieden zonder gemalen (of doorlaten/wervelventielen), overstorten en uitlaten aanwezig?
- Zijn er verbindingen tussen gemengde/vuilwaterstelsels met regenwaterstelsel? Zo ja, dan dient geverifieerd te worden of dit ook werkelijk zo is.
- Zitten leegloopvoorzieningen en overlopen van buffers op het rioolstelsel aangesloten?
- Zijn er geen onlogische diametersprongen (bijvoorbeeld 1.000 – 100 – 1.000)?
- Is het duidelijk of logisch hoe terugslagkleppen functioneren (blokkeren ze de juiste stroomrichting)?
- Komen ongebruikelijke of uitzonderlijke waarden in het bestand voor, zoals profielafmetingen, niet-standaardmaten, extreem grote of kleine afmetingen en extreme bodemverhangen?
- Zijn alle bob's (binnen-onderkantbuis), drempelniveaus, putbodems, in- en uitslagpeilen gemalen en maaiveldniveaus consistent (vrij van onderlinge tegenspraak)?
- Komen de maaiveldhoogten overeen met het Actueel Hoogtebestand Nederland (AHN)? Bij een grotere afwijking dan 5 cm moet u controleren wat de datum van invliegen van de AHN is ten opzichte van het aanlegjaar. Als de revisie actueler is dan de AHN, dan moet de revisie worden aangehouden. Bij locaties met bodemdaling of -stijging is extra controle nodig (ook bob's, drempelniveaus e.d.).

Verdachte gegevens moeten altijd in het veld gecontroleerd/geverifieerd te worden.

GWSW

Stichting RIONED heeft het Gegevens Woordenboek Stedelijk Water (GWSW) opgesteld. GWSW is een verplichte open standaard volgens de landelijke pas-toe-leg-uitlijst van Forum Standaardisatie. Eén van de onderdelen daarin is om tot een uniform uitwisselingsformaat te komen vanuit het rioolbeheersysteem naar een modelapplicatie, zodat snel en eenvoudig vanuit de brondata een rioolmodel kan worden opgesteld. De modelapplicaties InfoWorks ICM, 3Di en D-Hydro beschikken over de mogelijkheid om het GWSW-Hyd uitwisselingsformaat te kunnen importeren. Indien de gemeente hun rioolbeheerdata op de GWSW-server heeft geüpload, kan via de site <https://apps.gwsw.nl/> eenvoudig een GWSW-Hyd worden gedownload. Belangrijk is wel om eerst bij de gemeente de actualiteit van de rioolbeheerdata op de GWSW-server te verifiëren, want de uploaddatum geeft hier uiteraard niet altijd uitsluitsel over, behalve als het heel recent is (en dan kan het nog voorkomen dat niet alle revisies al verwerkt zijn).

Op dezelfde website kan op de dataset ook een nulmeting worden uitgevoerd, waarbij de volledigheid en betrouwbaarheid van de data wordt gecontroleerd. Dit kan met de gestandaardiseerde conformiteitsklasse 'Hyd' (dit is een set met regels/grenzen waaraan de dataset minimaal moet voldoen voor hydraulische berekeningen). Nadeel hiervan is dat hierin de onder- en bovengrenzen waarop getoetst wordt voor heel Nederland bruikbaar zijn, maar daardoor wel heel erg ruim gekozen zijn. Beter is om een eigen conformiteitsklasse samen te stellen met onder- en bovengrenzen die afgestemd zijn op de lokale situatie. In bijlage B3 is een voorbeeld opgenomen dat met gebiedskennis dient te worden gecontroleerd.

4.2.2 Bijzondere voorzieningen

Onder bijzondere voorzieningen worden verstaan:

- Gemalen
- Overstorten
- Uitlaten
- Knijpconstructies
- Kleppen en afsluiters
- Randvoorzieningen
- RTC-sturingsregels
- Straatkolken, lijngoten en roosterdeksels
- Infiltratievoorzieningen

In de Kennisbank Stedelijk Water van Stichting RIONED (onderdeel Onderzoek → Modelleren hydraulisch functioneren → Stap V. benodigde gegevens inventariseren) staat per voorziening beschreven welke gegevens minimaal nodig zijn en wat specifieke aandachtspunten zijn. Voorbeeld: kan voor gemalen volstaan worden met alleen een gemaalcapaciteit (vereenvoudigd model) of is ook het in- en uitslagpeil nodig, of kan beter een Q-H karakteristiek (pompcurve) gebruikt worden in plaats een vaste pompcapaciteit.

Aanvullend is het wel belangrijk dat bij bepaalde voorzieningen, zoals gemalen, overstorten, knijpconstructies (vooral doorlaten en wervelventielen), in het rioolbeheersysteem is aangegeven uit hoeveel compartimenten de put bestaat en welke rioolleidingen op welk compartiment zijn aangesloten (conform GWSW-standaard). Anders is uit het rioolbeheersysteem niet met zekerheid te achterhalen welke leidingen bijvoorbeeld gestuwd worden als er meer dan twee leidingen op de betreffende overstortput zijn aangesloten.

4.3 Watergangenmodel

Deze paragraaf gaat in op de modellaag watergangen. De begrenzing van het watergangenmodel dient in overleg met het waterschap en de gemeente te worden vastgesteld, zie hoofdstuk 2. De grens tussen het watergangenmodel en het rioolmodel ligt meestal bij de uitlaat van het rioolstelsel op de watergang.

4.3.1 Leggerdata

Waterschap Limburg heeft voor alle gegevens over de watergangen en kunstwerken een datamodel opgezet dat aan derden kan worden verstrekt. Dit heet DAMO (DAta MOdel). Van dit DAMO is ook een hydrologische versie beschikbaar, waarin per watergang ook hydrologische parameters, zoals de wandruwheid zijn opgenomen. Aanbevolen wordt om van deze dataset uit te gaan in plaats van de legger.

Aandachtspunt is dat de overstorten of uitlaten op afstand kunnen liggen van de watergang die in DAMO en legger zijn opgenomen. Indien dit het geval is, dient eerst vastgesteld te worden of de gemeente over informatie beschikt over de afwateringsvoorzieningen tussen de overstort of uitlaat en de watergang. Anders dient op basis van een veldbezoek en inmetingen vastgesteld te worden hoe deze situatie eruitziet zodat deze kan worden toegevoegd aan het rekenmodel en in het rioolbeheersysteem van de gemeente (duikers en watergangen dienen in DAMO te worden opgenomen, mits in beheer van het waterschap). Voor greppels (niet permanent watervoerend) kan de AHN een goed alternatief zijn in plaats van inmetingen in het veld.

In stedelijk gebied kunnen watergangen aanwezig zijn die niet in beheer van het waterschap zijn, maar wel relevant zijn voor de afvoer van water. In overleg dient vastgesteld te worden welke van deze watergangen meegenomen moeten worden in het rekenmodel. Indien de gemeente niet over gegevens beschikt over deze watergangen, dan dienen deze ingemeten te worden.

Voor hydraulische berekeningen zijn de volgende gegevens van belang:

- De hoogteligging van de bodem. In hellend gebied is het belangrijk dat er in het lengteprofiel voldoende punten voor de bodemhoogte beschikbaar zijn, zodat de bodem van de watergang goed de terreinhoogte direct rondom de watergang volgt.
- Het doorstroomprofiel. Op basis van de BGT (lagen waterdeel en ondersteunend waterdeel) dient vastgesteld te worden of er voldoende ingemeten doorstroomprofielen of eventueel normprofielen beschikbaar zijn. Locaties waar het doorstroomprofiel plotseling vernauwt of verbreedt zijn daarbij belangrijk. Dwarsprofielen zijn hier nodig. De modelapplicaties zullen het doorstroomprofiel tussen twee profielen interpoleren. Een te grote afstand tussen twee profielen kan een te (on)gunstige situatie in het model opleveren.
- De te hanteren wandruwheden van de watergangen, zie ook paragraaf 0.
- Indien van toepassing: het (streef)waterpeil in de watergang. Dit is afhankelijk van het beoogde doel van de berekeningen.

Belangrijk is hierbij de actualiteit van de data. In overleg met het waterschap dient bepaald te worden in hoeverre de data actueel genoeg is om de vragen met het model te kunnen beantwoorden. Zo nodig moet de data worden geactualiseerd.

4.3.2 Bijzondere voorzieningen

Onder bijzondere voorzieningen worden onder andere verstaan:

- Duikers
- Sifons
- Overkluizing
- Bruggen
- Stuwen of overlaten
- Sluizen
- Vispassages
- Gemalen
- Watermolens
- Vaste dammen
- Regenwaterbuffers

De data van de voornoemde voorzieningen kan in DAMO beschikbaar zijn. Een controle of alle benodigde gegevens beschikbaar zijn blijft benodigd. Bij de meeste van die voorzieningen zijn de afmetingen en hoogteligging van belang. Bij stuwen is de stuwhoogte en het type stuw van belang en bij een beweegbare stuw dient bekend te zijn waarop deze wordt gestuurd (Real Time Control sturing). Bij overlaten is de lengte van de overlaat een belangrijke parameter. Bij gemalen dienen de pompcapaciteiten bekend te zijn en de peilen waarop de pompen in bedrijf komen. Hoogteliggingen moeten beschikbaar zijn ten opzichte van NAP. Voor verschillende niet-standaard bijzondere constructies is afstemming met het waterschap van belang om tot een goede modellering te komen.

4.4 Maaiveldmodel

Het digitale terrein model (DTM) geldt als basis voor het maaiveldmodel. Voor de bestaande situatie kan gebruik worden gemaakt van het openbaar beschikbare Actuele Hoogtebestand Nederland (AHN). Deze kan worden geraadpleegd en gedownload via www.ahn.nl. Kies hierbij voor: AHN DTM 0,5 m. Dit betreft het hoogtebestand waarin obstakels, zoals bomen, auto's, panden, eruit gefilterd zijn, zodat alleen die pixels die de werkelijke maaiveldhoogte representeren in dit bestand staan. Deze DTM heeft een pixelgrootte van 0,5 x 0,5 m². Dit betekent wel dat waar obstakels zijn, er geen ingemeten maaiveldhoogte beschikbaar is. Voor deze locaties dient de maaiveldhoogte geïnterpoleerd te worden op basis van de omliggende pixels waar wel een hoogte van beschikbaar is of aangevuld te worden met eigen inmetingen.

Omdat de AHN niet ieder jaar wordt ingevlogen, kan dit betekenen dat recente aanpassingen in de bovengrond, denk aan bijvoorbeeld een nieuwbouwwijk, reconstructie van een weg, aanleg van een verkeersdrempel of aanleg van een wadi, nog niet in de AHN zitten. De gemeente dient bekende afwijkingen vooraf opnieuw te laten inmeten. Middels GIS bewerkingen dient het DTM te worden aangepast. Ook met bijvoorbeeld de CAD applicatie Civil 3D is het mogelijk bewerkingen uit te voeren op de DTM. Naast de DTM zijn nog van belang, zie ook paragraaf 5.1:

- Infiltratiecapaciteit van de bodem aan de oppervlakte
- De verdamping
- De ruwheid van het oppervlak

Indien het maaiveldmodel wordt gebruikt voor het simuleren van de inloop van neerslag in de riolering of watergang, betekent dit dat het maaiveldmodel tevens het neerslagafvoermodel wordt (zie paragraaf 4.1.1). Bij de keuze om de daken via een OD inloopmodel te modelleren, moeten de panden uitgesloten worden van het DTM c.q. maaiveldmodel.

4.5 Meetgegevens

Om te toetsen of de resultaten vanuit een rekenmodel overeenkomen met de praktijk, kunnen meetgegevens worden gebruikt. De volgende metingen zijn in meer of mindere mate beschikbaar en dienen door gemeente en/of waterschap te worden verstrekt:

- Neerslagmetingen
- Niveaumetingen (ook geschikt om bijvoorbeeld overstortfrequenties te bepalen)
- Debietmetingen
- Grondwatermetingen

De eisen die vanuit de Uniforme Rekenmethode worden gesteld aan het gebruik van meetgegevens in een project zijn navolgend uitgewerkt.

Begrippen

Valideren

Valideren betekent 'geldig verklaren'. Met het valideren van meetgegevens (datavalidatie) wordt doorgaans bedoeld 'de gegevens ontdoen van foute en onbetrouwbare meetwaarden'. Bij het valideren van een model (modelvalidatie) bedoelt men doorgaans 'het beoordelen van de juistheid van het model op basis van de meetgegevens'.

Kalibreren

Kalibreren is het vergelijken van een gemeten waarde van een meetsysteem met een werkelijk gemeten waarde van een standaard om de afwijking vast te stellen. De bepaalde afwijking kan getoetst worden aan een tolerantie en zo kan de betrouwbaarheid van een meting beoordeeld worden. Bij meetsensoren wordt met kalibreren doorgaans ook bedoeld dat de sensor zo wordt bijgesteld, dat de meetwaarden binnen de tolerantie komen en daarmee de meetsensor weer betrouwbaar is.

Optimaliseren

Door het vergelijken van meetdata met modelresultaten wordt het rekenmodel geoptimaliseerd. Hierbij zijn modeluitgangspunten, modelinvoer en/of modelparameters bij te stellen.

Algemeen

Voor modelvalidatie is minimaal een jaar aan meetdata benodigd, zodat er voldoende neerslaggebeurtenissen zijn met een verschillende karakteristiek, maar ook voor het verschil tussen een zomer- en wintersituatie. Voor gebruik van de meetdata dient er een datavalidatie te hebben plaatsgevonden. Bij de datavalidatie wordt getoetst op beschikbaarheid (interval tussen meetwaarden), onlogische uitschieters, onlogische sprongen, ruis, vlakke lijn en bij druksensoren drift. De goedgekeurde of afgekeurde waarden dienen gelabeld te zijn in de dataset.

Neerslagmetingen

De hydraulische belasting van de riolering bepaalt in sterke mate het hydraulisch functioneren van het stelsel. Om hier grip op te krijgen, is informatie over de neerslag erg belangrijk. Het meest betrouwbaar zijn regenmeters op de grond, mits de opstelling in voldoende open veld is. De World Meteorological Organization (WMO) heeft hier richtlijnen voor. Als aanvulling hierop kan de neerslagradar (bijvoorbeeld RadarTools van Stichting RIONED) gebruikt worden, om inzicht te krijgen in neerslagspreiding. De nauwkeurigheid van de neerslagradar ten aanzien van neerslagvolume hangt af van de dichtheid van regenmeters op de grond en de afstand tot de radar (hoe verder van het radarstation af, hoe onnauwkeuriger de data wordt). Voor het valideren van de neerslagradar wordt gebruik gemaakt van de neerslag- en weerstations van het KNMI, eventueel aangevuld met regenmeters van andere organisaties (zoals Netatmo, die ook via RadarTools kunnen worden geraadpleegd).

Voor regenmeters die in beheer zijn van de gemeente, dient de regendata te worden vergeleken met de dichtstbijzijnde omliggende KNMI weerstations of KNMI dagneerslagstations. Als de cumulatieve neerslag van de gemeentelijke regenmeter over een jaar meer dan 10% afwijkt ten opzichte van de regendata van het KNMI, is de regendata niet betrouwbaar.

Niveaumetingen

Niveaumetingen geven inzicht in de waterstand in de riolering of de watergang. Belangrijk is dat deze meetdata ten opzichte van het referentieniveau NAP zijn (bij rioolgemalen is dit niet altijd het geval). Belangrijk is om te verifiëren dat de gemeten waarden kloppen (valideren). Niveausensoren dienen regelmatig schoongemaakt en gekalibreerd te worden en op de juiste hoogte te worden teruggehangen na onderhoud. Indien er afwijkingen worden geconstateerd, dan is het belangrijk om deze afwijking vast te leggen, zodat recente meetdata achteraf gecorrigeerd kan worden en daarmee alsnog bruikbaar is (bij een constante afwijking).

Iedere gemeente beschikt over niveaumetingen bij de gemalen, mits de meetdata niet na een bepaalde tijd wordt ingedikt. Een meetfrequentie van eenmaal per minuut is gewenst. Niet iedere gemaalcomputer kan nog deze meetfrequentie aan of is ingesteld op de standaardwaarde van eenmaal per vijf minuten. De meetdata met een meetfrequentie van eenmaal per vijf minuten is wel bruikbaar, maar dan kan informatie gemist worden, vooral bij het vullen van een voorziening of een kortdurende overstorting. Niveaumetingen bij gemalen geven inzicht in vullings- en ledigingsgedrag. Bij vuilwaterstelsels kan dit ook zichtbaar maken of er sprake is van foutieve aansluitingen (niveau in gemaalkelder stijgt langdurig hoger dan het inslagpeil tijdens neerslagsituaties).

Daarnaast kan de gemeente nog beschikken over meetdata bij externe overstorten (alleen rioolzijde, maar eventueel ook aanvullend aan oppervlaktewaterzijde) en/of bij interne overstorten, doorlaten/wervelventielen. Deze meetdata geeft inzicht in het functioneren van deze voorzieningen.

Het waterschap beschikt over waterstandmetingen in het oppervlaktewatersysteem, veelal bij gemalen en stuwen. Bij gebruik van die meetdata is het ook belangrijk dat de data gevalideerd is op betrouwbaarheid en deze waarden gelabeld zijn.

Debietmetingen

Debietmetingen kunnen plaatsvinden bij:

- Rioolgemalen
- Oppervlaktewatergemalen
- Vrijval riolering
- Stuwen

Bij de gemalen vindt de debietmeting plaats in de persleiding door middel van een elektro magnetische debietmeter. In de vrijval riolering bestaat de debietmeting uit een ring die de stroomsnelheid van het water meet. In combinatie met niveaumetingen wordt dan het debiet bepaald door de rioolleiding. Bij stuwen zijn niveaumetingen voor en na de stuw de basis om het debiet te kunnen bepalen. Debietmeters en niveausensoren dienen regelmatig onderhouden en gekalibreerd te worden.

Net als bij niveaumetingen geldt dat de meetdata van de debietmeters gevalideerd dient te zijn en voorzien van een label of de meetwaarde betrouwbaar is of niet. De meetfrequentie van de debietmeters dienen minimaal eenmaal per minuut te zijn maar bij voorkeur eenmaal per 10 seconden. De datavalidatie dient te gebeuren op de aspecten vlakke lijn, onlogische grote sprongen en overschrijding theoretische maximale afvoercapaciteit van de pomp.

Debietmetingen bij de rioolgemalen zijn meestal aanwezig bij de hoofdrioolgemalen van het waterschap en de grotere rioolgemalen van de gemeente. Debietmetingen geven inzicht in de afvoercapaciteit, maar bij de rioolgemalen kan ook de verdeling over de dag van de droogweerafvoer inzichtelijk worden gemaakt. Voor de droge dagen kan daarnaast de hoeveelheid rioolvreemd water worden bepaald.

Bij neerslagsituaties kunnen alle debietmetingen gebruikt worden om een indicatie te krijgen wat het afvoerend oppervlak is, bij de betreffende neerslaggebeurtenis. Hierbij moet in acht worden genomen dat de inloopp parameters niet worden gemeten.

Indien er geen debietmetingen beschikbaar zijn, kan overwogen worden om een tijdelijke opstelling te plaatsen. Bij gemalen kan op basis van niveaumetingen en de geometrie van de pompkelder ook een redelijk betrouwbaar debiet worden afgeleid.

Grondwatermetingen

Informatie over de grondwaterstand kan worden afgeleid uit het meetnet van het freatisch grondwater dat veel gemeenten hebben. Dicht bij infiltratievoorzieningen kan de grondwaterstand snel reageren op hemelwaterinfiltratie. Om de lokale grondwaterstand als randvoorwaarde te kunnen modelleren, zijn meetdata nodig in de directe nabijheid van de voorziening met een hoge frequentie (eens per kwartier). De metingen moeten regelmatig geverifieerd worden met een handmeting, zodat inzichtelijk wordt of de metingen gaan afwijken.

5 PARAMETERS

De resultaten uit een rekenmodel worden beïnvloed door parameters, zoals constanten en variabelen. Een constante waarde zit in wiskundige formules die gebruikt worden door rekenmodellen. Denk hierbij aan de ruwheid van een leiding, die we eenduidig kunnen vastleggen. Een variabele is een waarde in het model die afhankelijk is van de situatie. Denk hierbij aan de infiltratiewaarde van de bodem.

5.1 Neerslagafvoermodel

Het neerslagafvoermodel beschrijft hoeveel neerslag er netto uiteindelijk vanaf het oppervlak afstroomt de riolering of watergang in, rekening houdend met verdamping, infiltratie in de bodem en initiële berging op maaiveld en afstromingsvertraging. In paragraaf 3.4 is beschreven hoe het neerslagafvoermodel van een SSW moet worden beschouwd volgens deze Uniforme Rekenmethode. In Tabel 5 is aanvullend hierop aangegeven op welke wijze de neerslagafvoer in het SSW wordt opgenomen.

Tabel 5: Neerslagafvoer in het SSW

Specificatie	Modelniveau	Aandachtspunten	Neerslagafvoer
Daken	0D	Daken die ondergronds zijn aangesloten	NWRW-inloopmodel, zie Tabel 6
	2D	Daken die oppervlakkig afwateren	Woning als afstromend en niet-infiltrerend oppervlak in het maaiveldmodel
Maaiveld	0D*	Ten behoeve van optioneel extern neerslagafvoermodel	Neerslagafvoercurven gekoppeld aan watergangenmodel (optioneel)
	2D	Rekening houden met de verschillende parameters per landgebruik en helling	Parameters voor ruwheid en infiltratie, zie paragraaf 5.1.2

* Indien neerslagafvoercurven via een extern model worden gebruikt om de landelijke afstroming te simuleren worden deze via 0D aan het rekenmodel toegekend (bijvoorbeeld bij zeer complexe of omvangrijke rekenmodellen). In beginsel heeft het de voorkeur om een integraal model te gebruiken waarin de landelijke afstroming met 2D wordt toegepast.

In de schematisatie wordt onderscheid gemaakt tussen gebeurtenis- en reeksberkening. In de volgende paragrafen wordt hier nader op ingegaan.

5.1.1 Reeksberkening

Bij het modelniveau 0D is er sprake van het reservoirmodel waarin de processen bevochtiging, plasmvorming, infiltratie, verdamping en afstromingsvertraging zijn vastgelegd. In de Kennisbank Stedelijk Water van Stichting RIONED is hiervoor het standaard inloopmodel NWRW 4.3 opgenomen. In deze Uniforme Rekenmethode is hier het vegetatiedak aan toegevoegd met (gemiddeld) 15mm berging.

Tabel 6: NWRW-inloopmodel

Kennisbank Stedelijk Water, Stichting RIONED, aangevuld met vegetatiedak

Type oppervlak	Type afstroming	Afstromingsvertraging (min ⁻¹)	Oppervlakteberging (mm)	Infiltratiecapaciteit (mm.h ⁻¹)		Tijdfactoren (h ⁻¹)	
				max.	min.	afname	herstel
Verhard gesloten	Hellend	0,5	0,0	-	-	-	-
	Vlak	0,2	0,5	-	-	-	-
	Uitgestrekt	0,1	1,0	-	-	-	-
Verhard open	Hellend	0,5	0,0	2,0	0,5	3,0	0,1
	Vlak	0,2	0,5	2,0	0,5	3,0	0,1
	Uitgestrekt	0,1	1,0	2,0	0,5	3,0	0,1
Dak	Hellend	0,5	0,0	-	-	-	-
	Vlak	0,2	2,0	-	-	-	-
	Uitgestrekt	0,1	4,0	-	-	-	-
	Vegetatie	0,2	15	-	-	-	-
Onverhard	Hellend	0,5	2,0	5,0	1,0	3,0	0,1
	Vlak	0,2	4,0	5,0	1,0	3,0	0,1
	Uitgestrekt	0,1	6,0	5,0	1,0	3,0	0,1

Particuliere infiltratievoorzieningen worden binnen de Uniforme Rekenmethode geschematiseerd als uitbreiding op het NWRW-inloopmodel. Om de vertraging in afstroming (overloop van de voorziening) wel in het rekenmodel op te nemen wordt de berging als initieel verlies / oppervlakteberging in het inloopmodel verwerkt. Omdat deze oppervlakteberging alleen via verdamping of infiltratie weer beschikbaar komt, is het belangrijk om infiltratieparameters toe te kennen aan het desbetreffende oppervlak. Als deze niet bekend zijn kan worden volstaan met de aanname dat deze in 24 uur ledigen.

Gemeentelijke buffer- en infiltratievoorzieningen moeten altijd worden geschematiseerd met de geometrische en bodemtechnische eigenschappen.

5.1.2 Gebeurtenisberekening

De neerslagafvoer wordt voornamelijk beïnvloed door de ruimtelijke variatie in frictie, infiltratie en maaiveldhoogte. Met behulp van de landgebruikskaart en hoogtekaart kan het projectgebied met een (standaard) set variabelen worden geschematiseerd. Er worden zeven typen oppervlak onderscheiden, zie Tabel 7. Overige oppervlakken worden conform zogenoemde koppeltabellen gekenmerkt, zie bijlage B6.

Tabel 7: Manningwaarden maaiveldmodel
(bron: Hydrologische werkwijze 2019, Waterschap Limburg)

Type oppervlak	Manning (s/m ^{1/3})
Verhard	0,025
Akkerbouw	0,040
Gras/boomgaard	0,030
Bos/struiken	0,060
Half verhard	0,027
Water	zie paragraaf 5.3.1

Van elk type landgebruik wordt vervolgens in het raster de hellingsklasse bepaald. De hellingsklasse is te herleiden uit het hoogtebestand en wordt opgedeeld in de volgende klassen:

- Kleiner dan 4%
- 4 t/m 7%
- 7 tot en met 12%
- Groter dan 2%

Bij de start van het project wordt in overleg met het waterschap de te hanteren set parameters vastgesteld. Per buiduur en herhalingsijd is een eigen set variabelen nodig. Deze variabelen zijn het resultaat van uitvoerige studies in eerdere projecten.

Bij het project 'Water in Balans' van Waterschap Limburg worden berekeningen uitgevoerd met klimaatbuien (zie hoofdstuk 6.1.1.4) en een droge voorgeschiedenis. Bij validatieberekeningen met werkelijke neerslag is de droge periode vaak geen vast gegeven. De variabelen van het waterschap zijn dan niet geschikt.

5.2 Rioolmodel

5.2.1 Rioolputten

5.2.1.1 Parameters reservoir ten behoeve van water op straat bij OD-1D modellering

Bij het opstellen van een SSW conform deze Uniforme Rekenmethode worden de hydraulische berekeningen met een 1D rioolmodel gekoppeld aan een 2D terreinmodel uitgevoerd. Bij reeksberekeningen mag het terreinmodel omwille van rekensnelheid buiten beschouwing worden gelaten en wordt het afvoerend oppervlak als OD model conform het NWRVW-inloopmodel geschematiseerd. De gangbare hydraulische software bergt eventueel optredend water op straat dan in een fictief 'reservoir' boven de rioolput. Om berekeningsresultaten tussen verschillende rioolmodellen eenduidig te kunnen vergelijken is de schematisatie van dit reservoir vastgelegd in onderstaande tabel. Indien de software de mogelijkheid biedt om het reservoir onder te verdelen in twee schijven, dan kan er voor worden gekozen om binnen een woonwijk het eerst overstromend oppervlak te begrenzen tot 200 m² bij een waterhoogte van 0,10 m. Dit komt dan overeen met het straatoppervlak dat tot de hoogte van het trottoir als eerste kan overstroomen. Het totaal overstromend oppervlak is het totaal aangesloten oppervlak plus onverharde oppervlak (exclusief de bebouwing).

Tabel 8: Definitie 'waterop-straat-reservoir' boven rioolput

Maximaal overstromend oppervlak	Bruto oppervlak minus bebouwing
Waterhoogte 1 (optioneel)	0.10 m
Waterhoogte 2 (bij max overstroombaar)	0.50 m
Percentage overstromend oppervlak 1 (optioneel)	50% => woonwijk minimaal 200 m ²
Percentage overstromend oppervlak 2	100%

5.2.1.2 Parameters putdeksels, roosterdeksels en kolken ten behoeve van maaiveldmodel bij 1D-2D modellering

Water op straat wordt in de 1D-2D berekening uitgewisseld met het maaiveldmodel waarna wordt berekend waar het water naartoe stroomt. Andersom is het ook mogelijk dat water vanaf het terreinmodel een put instroomt. Dit is bijvoorbeeld het geval bij kolken of putten met roosterdeksels. Deze Uniforme Rekenmethode schrijft voor dat kolken, lijngoten en roosterdeksels moeten worden geschematiseerd. Hiermee wordt de werkelijkheid zo realistisch mogelijk benaderd. De coördinaten van de kolken zijn vanuit het reinigingsprogramma bekend. Voor de aansluitleidingen mag worden aangenomen dat deze een diameter hebben van 125 mm en via de kortste route op het riool zijn aangesloten. Verder moet worden opgelet dat de berging in het stelsel niet onevenredig toeneemt. De berging in een straatkolk is namelijk slechts 0,06 m³. De wijze van schematiseren verschilt per softwarepakket.

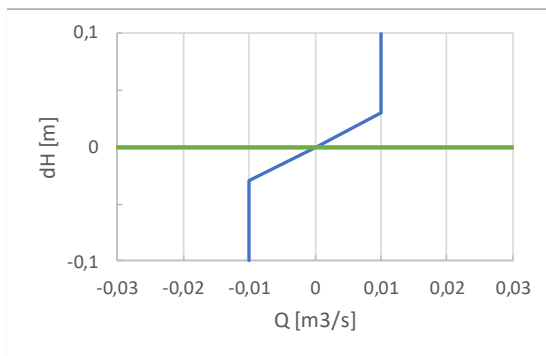
Hoe het water van het rioolstelsel naar het maaiveld of andersom stroomt is afhankelijk van het type put, kolk of rooster. Bij een standaard putdeksel stroomt bijvoorbeeld niet zomaar water vanuit de put naar maaiveld. Dat gebeurt pas als de waterdruk in de put hoog genoeg is om de deksel te tillen. Bij een kolk of roosterdeksel zal wel meteen water op maaiveld stromen als de drukhoogte boven maaiveld komt en kan ook water vanaf maaiveld in het rioolstelsel stromen. Het debiet waarmee water van of naar maaiveld stroomt is dus afhankelijk van het type kolk en/of putdeksel.

In onderstaande figuren zijn de te hanteren QH-relaties voor enkele veelvoorkomende typen stelselonderdelen gegeven. Een positieve drukhoogte (dH) betekent dat de drukhoogte in het stelsel hoger is dan het niveau van de deksel. Er stroomt dan water vanuit het stelsel naar maaiveld (positief debiet). Een negatieve dH betekent dat het waterpeil op maaiveld hoger is dan in de betreffende put of kolk. Er stroomt dan water van het maaiveld in het rioolstelsel (negatief debiet). Vanwege de grote variatie in typen putdeksels is het niet mogelijk om voor elk specifiek type deksel de bijbehorende QH-relatie te geven. De figuren geven dan ook een indicatie. In specifieke situaties kan het daarom noodzakelijk zijn om in overleg met de opdrachtgever en/of leverancier een QH-relatie vast te stellen.

Ook bij sterk afwijkende instroomconstructies om bijvoorbeeld landelijke waterstromen of afvoeren van landelijke buffers op te vangen moet per geval worden bekeken welke QH-relatie van toepassing is.

Geknevelde deksels moeten zodanig worden geschematiseerd dat hier geen water via de put in of uit kan stromen.

Als de hydraulische software de limitering van de in- en uitstroom op een andere wijze berekent, hoeven onderstaande schema's niet te worden gebruikt. Wel dient gecontroleerd te worden dat de debieten realistisch zijn. Hierbij geven de schema's een goede indicatie.

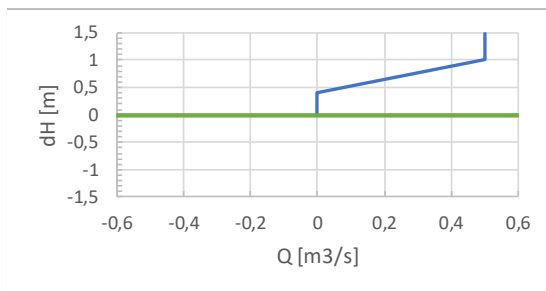


dH [m]	Q [m3/s]
-0,1	-0,01
-0,03	-0,01
0	0
0,03	0,01
0,1	0,01

Toelichting:

- instroom en uitstroom
- $Q = 1/3H$
- Conform Kennisbank Stedelijk Water

Afbeelding 5: QH-relatie kolk

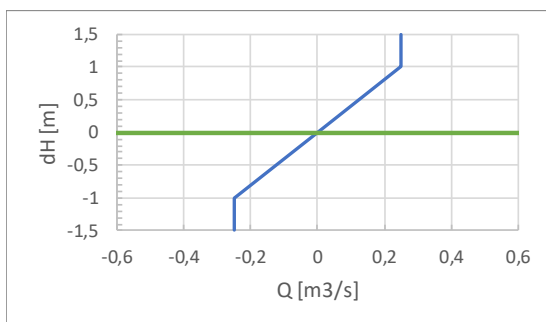


dH [m]	Q [m3/s]
0	0
0,4	0
1	0,5
1,5	0,5

Toelichting:

- geen instroom
- debiet begrenst o.b.v. doorlaat 52cm (mangat)

Afbeelding 6: QH-relatie putdeksel



dH [m]	Q [m3/s]
-1,5	-0,25
-1	-0,25
0	0
1	0,25
1,5	0,25

Toelichting:

- instroom en uitstroom
- debiet begrenst op halve capaciteit van putdeksel

Afbeelding 7: QH-relatie roosterdeksel (perforatiegraad 50%)

5.2.2 Rioolleidingen

5.2.2.1 Hydraulische ruwheid

De hydraulische ruwheid van leidingen in een gemengd rioolstelsel wordt conform de Kennisbank Stedelijk Water van Stichting RIONED ingesteld op een waarde van 3 mm. (Regen)waterstelsels die volledig in kunststof zijn gerealiseerd worden met een hydraulische ruwheid van 0,8 mm doorgerekend. Hierin zijn de energieverliezen als gevolg van aansluitleidingen en in-/uittredeverliezen bij de putten verdisconteerd. Afhankelijk van het rekenpakket moeten deze verliezen dus niet extra worden toegevoegd.

Tabel 9: Hydraulische ruwheid rioolstelsels

Stelsel	Hydraulische ruwheid
Gemengd	3 mm
Volledig in kunststof	0,8 mm

Nadrukkelijk vermelden we dat duikers in watergangen niet met deze waarden kunnen worden doorgerekend, zie paragraaf 5.3.2.

5.2.2.2 Transportleidingen en persleidingen

Bij transportleidingen en persleidingen treden minder grote verliezen op, omdat de stroming niet wordt beïnvloed door aansluitleidingen en verliezen bij de putten. Deze leidingen worden doorgerekend met de wandruwheid uit Tabel 10.

Tabel 10: Wandruwheid voor transportleidingen en persleidingen

Materiaal	Manning (s/m ^{1/3})
Beton	0,0145
PVC	0,011
HPE	0,011
Gietijzer	0,0135
Gres	0,015
Metselwerk	0,016

5.2.2.3 Dichtslibben van infiltratievoorziening

De lediging van infiltratievoorzieningen is met name van belang bij de reeksrekening. Uit onderzoek is bekend dat infiltratievoorzieningen aan de onderzijde dichtslibben. Bij buizen wordt daarom tot een hoogte van 10% van de diameter geen infiltratie toegepast. De resterende hoogte van de buis is wel infiltrerend. De infiltratiecapaciteit is afhankelijk van de waterhoogte en dus geen constante waarde. Daarom mag deze niet als pomp of doorlaat met vaste capaciteit worden geschematiseerd. De te hanteren infiltratiewaarden worden in overleg met de opdrachtgever vastgesteld. Voor overige voorzieningen moet in overleg met de opdrachtgever worden vastgesteld of de bodem wel of niet wordt meegeteld als infiltratieoppervlak. Hierbij is de opbouw en de onderhoudstoestand van de voorziening namelijk van grote invloed.

5.2.3 Rioolvoorzieningen

5.2.3.1 Overstort

Voor de afvoercoëfficiënt wordt verwezen naar de Kennisbank Stedelijk Water van Stichting RIONED. Deze is voor rioolstelsels 0,8 bij zowel de volkomen als de onvolkomen overstort. Afhankelijk van de formule die in de hydraulische software wordt gebruikt moet deze nog vermenigvuldigd worden met $2/3 * \text{wortel}(2/3)$. Dit is bijvoorbeeld het geval bij InfoWorks. Als de afvoercoëfficiënt 0,8 is, wordt daar dus 0,43 gehanteerd om tot dezelfde resultaten te komen.

Bij de overstort is het verder essentieel dat ook de vrije hoogte boven de drempel wordt opgegeven. Vaak is deze beperkt en functioneert de overstort als doorlaat. Daarvoor is in sommige softwarepakketten een tweede coëfficiënt beschikbaar. Deze moet dus ook altijd worden ingevuld om de beschikbare formules goed toe te passen.

5.2.3.2 Doorlaat

Voor de contractiecoëfficiënt wordt verwezen naar de Kennisbank Stedelijk Water van Stichting RIONED. Bij ronde gaten in een muur is de contractiecoëfficiënt 0,6. Bij rechthoekige doorlaten in een muur is de contractiecoëfficiënt 0,5. Afhankelijk van de formule die in de hydraulische software wordt gebruikt moet deze nog vermenigvuldigd worden met wortel (2). Dit is bijvoorbeeld het geval bij InfoWorks. Als de afvoercoëfficiënt 0,6 is, wordt daar dus 0,85 gehanteerd om tot dezelfde resultaten te komen.

5.2.3.3 Wervelventiel

Het wervelventiel gedraagt zich niet als een normale doorlaat en moet daarom met de werkelijke Qh-relatie worden opgenomen in het rioleringsmodel. Als deze curve niet bekend is, moet met de beheerder worden afgestemd hoe deze wordt gemodelleerd.

5.2.3.4 Gemalen

Het is van belang dat het functioneren van het gemaal in het rekenmodel goed aansluit bij het werkelijk functioneren in de praktijk. Let hierbij op de volgende aspecten:

- Pendelberging
De pendelberging is samen met het debiet van de pomp van invloed op de stabiliteit van de berekeningen. Om de pendelberging te bepalen moet de geometrie van de gemaalkelder bekend zijn. Bij kleine pompdebieten worden vaak standaard pompputten toegepast. In het rekenmodel moet dan een minimale pendelberging van 0,5 m³ worden aangehouden.
- Gemaalcapaciteit en sturing
Bij een opstelling met meerdere pompen in één gemaal moet rekening worden gehouden met de sturing van het gemaal. Als meerdere pompen elkaar enkel kunnen afwisselen, wordt de capaciteit van één pomp gemodelleerd. Als er ook samenloop mogelijk is, dan moet rekening worden gehouden met de werkelijke (meestal lagere) capaciteit bij samenloop.

Waterschapsbedrijf Limburg hanteert bij de overnamepunten geen afnameverplichting meer. In plaats daarvan worden met de gemeente afspraken gemaakt over de afnamecapaciteiten. Deze afspraken worden gemaakt (of herzien) bij het opstellen van een SSW. Uitgangspunt daarbij zijn de berekeningsresultaten en eventuele verbetermaatregelen. De 'oude' normcapaciteiten (dwa + 0,7 of 0,3 mm/u) geven een richting maar zijn hierbij niet leidend. Mede op basis van de 'redeneerlijn' van Waterschap Limburg wordt de afweging gemaakt welke capaciteit nodig is. Waterschapsbedrijf Limburg, Waterschap Limburg en de gemeente worden betrokken om de afnamecapaciteit in relatie tot de maatregelen en scenario's te bepalen.

5.3 Watergangenmodel

5.3.1 Watergangen

In overleg met het waterschap wordt bepaald welke watergangen in de 1D modellering moeten worden opgenomen en welke watergangen onderdeel worden van het maaiveldmodel. Het document 'Werkwijzen hydrologie binnen projecten – Verzameldocument' van het waterschap is ook van toepassing. De wandruwheid van watergangen is afhankelijk van de begroeiingstoestand. Het Cultuurtechnisch Vademecum wordt gehanteerd om de Manning-waarde te bepalen, zie Tabel 11.

Tabel 11: Manningwaarde beken en watergangen

bron: *Werkwijzen hydrologie binnen projecten – Verzameldocument*

Begroeiing		Manning zomer (s/m ^{1/3})	Manning winter (s/m ^{1/3})
Natuurlijke beek	Klein: Bodembreedte < 1 m	0,2	0,07
	Middel: bodembreedte 1-3 m	0,143	0,07
	Groot: bodembreedte > 3 m	0,1	0,05
	Zeer groot: bodembreedte > 10 m	0,05	0,033
Watergang	Genormaliseerd	0,067	0,04
	Betegeld	0,033	0,03

*) Meanderend is geïnterpreteerd als gelijk aan licht begroeid.

5.3.2 Duikers

De afvoercapaciteit van een duiker is afhankelijk van materiaal, vorm en in/uitstroomconstructie. Deze aspecten moeten daarom zorgvuldig worden beschouwd bij het invoeren van de parameters zodat wordt gerekend met het werkelijke wrijvingsverlies en de juiste in-/uittredeverliezen. Voor de Manningwaarde wordt verwezen naar Tabel 12. De intrede- en uittredeweerstand staan in Tabel 13.

Tabel 12: Manningwaarde duikers

bron: *Werkwijzen hydrologie binnen projecten – Verzameldocument*

Duiker	Manning (s/m ^{1/3})
Rond	0.017
Rechthoekig	0.013
Ellipsvormig	0.015
PVC	0.01
Staal	0,01
Geribbeld	0,025

Tabel 13: Intrede- en uittredeweerstand duikers







bron: *Werkwijzen hydrologie binnen projecten – Verzameldocument*

Duiker	Intredeweerstand	Uittredeweerstand
Rond	0,6	1
Rechthoekig	0,5	1
Ellipsvormig	0,55	1

5.3.3 Stuwen

Voor de afvoercoëfficiënt wordt verwezen naar het Cultuurtechnisch Vademecum. Afhankelijk van de formule die in de hydraulische software wordt gebruikt moet deze nog vermenigvuldigd worden met $2/3$ * wortel ($2/3$). Dit is bijvoorbeeld het geval bij InfoWorks. Als de afvoercoëfficiënt 1,11 is wordt daar dus 0,60 gehanteerd om tot dezelfde resultaten te komen.

Tabel 14: Afvoercoëfficiënt stuw
bron: Cultuurtechnisch Vademecum, 1988

Kruinvorm	Afvoercoëfficiënt
 Breed, scherp, loodrechte wanden	0,85
 Breed, afgeronde hoeken, loodrechte wanden	0,90
 Breed, geheel afgerond, gestreken klep	1,20
 Scherp, goede beluchting	1,11
 Afgerond, loodrechte bovenstroomse wand en schuine benedenstroomse wand	1,30
 Dakvormig, afgerond	1,37

5.4 Maaiveldmodel

In paragraaf 5.1 zijn de parameters voor het stedelijke en landelijke gebied vermeld. Het maaiveldmodel dient minimaal te bevatten:

- Actuele hoogten
- Infiltratie
- Ruwheid
- Bebouwing

De bebouwing is een obstakel en dus een niet-overstromend oppervlak in het maaiveldmodel. Objecten die de waterstroming over maaiveld substantieel beïnvloeden, zoals bijvoorbeeld gefundeerde muren of verkeersdrempels, moeten ook in het maaiveldmodel worden opgenomen. Vaak komt dit aan het licht na de eerste verificatieberekeningen en worden alleen de essentiële objecten aanvullend in het maaiveldmodel opgenomen.

6 MODELBELASTING

6.1 Neerslagafvoermodel

6.1.1 Neerslaggebeurtenissen

Naast de droogweerafvoer is natuurlijk ook de stelselbelasting ten gevolge van neerslag van groot belang. Deze belasting is afhankelijk van het afvoerend oppervlak en de hoeveelheid en intensiteit van de neerslag waarmee gerekend wordt. Het bepalen van het afvoerend oppervlak is omschreven in paragraaf 4.1.1.1. In deze paragraaf wordt ingegaan op de neerslagbelasting.

Naar aanleiding van de veranderingen in het klimaat worden regenbuien steeds heviger met frequenter hoge piekintensiteiten en grotere neerslaghoeveelheden. Om hier op te anticiperen zijn de afgelopen jaren standaard neerslaggebeurtenissen opgesteld. De bekendste sets van standaard neerslaggebeurtenissen zijn de stresstesten uit het Delta Programma Ruimtelijke Adaptatie (DPRA) en de composietbuien van de Kennisbank Stedelijk Water.

Daadwerkelijk gevallen neerslag is niet alleen beschikbaar via regenmeters, maar wordt ook ontsloten via Radartools van Stichting RIONED. Dit is een softwaretoepassing waarmee begunstigers van Stichting RIONED toegang hebben tot radarmetingen van neerslag. Hiermee kunnen lokaal gevallen buien worden geanalyseerd (o.a. dekkingsgraad en intensiteit) en gedownload om te gebruiken bij hydraulische berekeningen.

6.1.1.1 Composietbuien Kennisbank Stedelijk Water

Deze standaard gebeurtenissen zijn op een dusdanige wijze statistisch bepaald dat hierin zowel de herhalingsstijd van korte, hevige piekintensiteiten als van langdurige neerslag met grote hoeveelheden in dezelfde bui zijn verwerkt. Daarmee zijn de composietbuien van de Kennisbank Stedelijk Water breed (zowel lokaal als regionaal) toepasbaar.

In totaal zijn in de Kennisbank Stedelijk Water 91 standaard neerslaggebeurtenissen opgenomen. Dit grote aantal wordt veroorzaakt door de mogelijke combinaties van herhalingsstijden, perioden en klimaatscenario's. De 13 gegeven herhalingsstijden variëren van eenmaal per 0,5 jaar tot en met eenmaal per 1.000 jaar. Vervolgens zijn de buien opgesteld voor de perioden 2014, 2030, 2050 en 2085. Voor de toekomstige perioden is tevens nog onderscheid gemaakt in een laag (L) en hoog (H) scenario met respectievelijk een lage mate van klimaatverandering en een hoge mate van klimaatverandering.

Voor toepassing binnen een SSW zijn niet al deze neerslaggebeurtenissen relevant. In onderstaande tabel is aangegeven welke neerslaggebeurtenissen worden geadviseerd. De daadwerkelijke keuze hierin hangt ook af van het betreffende gemeentelijke beleid en wordt om die reden niet in dit document voorgeschreven. Ook lokale omstandigheden (bijvoorbeeld een ontwerp in een laaggelegen gebied) kunnen aanleiding zijn om bij ontwerpen voor een andere (zwaardere) neerslagbelasting te kiezen.

Tabel 15: Advies te hanteren composietbuien voor hydraulische toets riolering

Toepassing	Standaard neerslaggebeurtenis			Hoeveelheid [mm]	Piekintensiteit [l/s/ha]	Opmerking
	Herhalingsstijd	Periode	Scenario			
"Validatie" rekenmodel	2	2014	-	36,9	204	Herkenbaarheid resultaten? De meeste bekende knelpunten moeten hieruit komen.
Ontwerp maatregelen	2	2050	H	43,5	247	Afhankelijk van gemeentelijk beleid of lokale omstandigheden.
	5	2050	H	54,2	304	
	10	2050	H	63,7	354	

6.1.1.2 Standaard stresstesten

Zowel in het Deltaplan Ruimtelijke Adaptatie (DPRA) als in de Kennisbank Stedelijk Water (KSW) zijn stresstesten opgenomen. Dit betreft zowel standaard stresstesten (op basis statistische bewerking) als daadwerkelijk gevallen neerslag. De daadwerkelijk gevallen neerslag wordt nader omschreven in de volgende paragraaf.

Stresstesten zijn ook daadwerkelijk stresstesten en bedoeld om inzicht te krijgen in wat er gebeurt bij extreme neerslag. Deze buien zijn, zoals ook in het DPRA expliciet is aangegeven, niet bedoeld als ontwerpnorm of toetsing van afvoercapaciteit van rioolstelsels. Bij de stresstesten wordt onderscheid gemaakt tussen lokale en regionale neerslaggebeurtenissen. Dit vanwege het verschil in gevoeligheid tussen stedelijke (lokale) en regionale watersystemen. Stedelijke systemen zijn in het algemeen gevoeliger voor korte hoge piekintensiteiten en regionale watersystemen voor langdurige neerslag met grote hoeveelheden. Ook voor de stresstesten geldt dat de keuze voor de te hanteren bui is vastgelegd in gemeentelijk beleid.

Tabel 16: Standaard stresstestbuien conform DPRA en KSW

Schaal	Duur	Hoeveelheid [mm]	Herhalingsijd [1 maal per x jaar]				Initiële condities (grondwaterstand)	DPRA	KSW	
			Huidig klimaat	2030	2050	2085				
Lokaal	1 uur	70	200	150	100	57		x	x	
		90	500	370	250	140		x	x	
	2 uur	155	>1.000	>1.000	1.000	580		x		
		160	*	*	*	*			x	
Regionaal	48 uur	120	*	*	*	*	*		x	
		129	270	180	100	50	GG	x		
		129	270	180	100	50	GHG	x		
		130	*	*	*	*	*			x
		149	720	460	250	130	GG	x		
		160	*	*	*	*	*			x
		184	>1.000	>1.000	1.000	450	GG	x		

* Niet opgegeven in Kennisbank Stedelijk Water

6.1.1.3 Daadwerkelijke gebeurtenissen

Behalve met statistische neerslaggebeurtenissen kunnen hydraulische berekeningen ook worden uitgevoerd met daadwerkelijk gevallen neerslag. Hierbij wordt onderscheid gemaakt tussen twee typen daadwerkelijke buien:

- Historische gebeurtenissen: deze zijn in het verleden op een bepaalde locatie gevallen en geregistreerd.
- 'Lokale' neerslag die binnen het te beschouwen gebied is gevallen en tot overlast heeft geleid.

Historische gebeurtenissen

Zowel in het Deltaplan Ruimtelijke Adaptatie (DPRA) als in de Kennisbank Stedelijk Water (KSW) zijn enkele historische buien benoemd, waarvan een aantal in beide documenten. Een indicatie van de omvang van deze buien is opgenomen in tabel 17. Het betreft kortdurende extreme buien die op de betreffende locaties tot grote overlast hebben geleid. Deze buien zijn dan ook alleen geschikt voor het uitvoeren van stresstesten en niet als toetsing of ontwerpnorm. Om inzicht te geven in langdurige extreme neerslag zijn in Tabel 18 de gebeurtenissen van 2021 in Zuid-Limburg weergegeven.

Tabel 17: Historische gebeurtenissen conform DPRA en KSW

Locatie	Benoemd in	Hoeveelheid neerslag [mm]	Duur [min]
Deelen	KSW	129,6	170
Marknesse	KSW	111,0	140
Herwijnen	KSW+DPRA	93,6	70
Cabauw	KSW	73,3	150
Maastricht	KSW	48,8	50
De Bilt	KSW	36,2	70
Kopenhagen	DPRA	150	120
Amsterdam	DPRA	90	120
Münster	DPRA	220	90

Het voordeel van het toepassen van historische buien is dat ze daadwerkelijk zijn gevallen en er dus geen onduidelijkheid bestaat over hoe de gegevens (statistisch) tot stand zijn gekomen. Het nadeel is dat het buien betreft die niet binnen het te beschouwen gebied zijn gevallen. Ook het effect van neerslagspreiding kan niet zo eenvoudig in de berekeningen worden meegenomen.

Welke bui wordt toegepast is in de meeste gevallen minder relevant. Al deze buien zijn extreem genoeg om inzicht te geven in wat er kan gebeuren bij extreme neerslag. Het uitvoeren van berekeningen met de meest extreme bui leidt daarbij niet per definitie tot een beter inzicht omdat meestal vrijwel overal (grote) overlast berekend zal worden.

Tabel 18: Historische gebeurtenissen Zuid-Limburg volgens KNMI handregenstations
bron: Analyse overstroming Valkenburg, watersysteemanalyse Waterschap Limburg (Deltares)

Locatie	KNMI station	2 dagen (13-14 juli)	3 dagen (13-15 juli)	4 dagen (12-15 juli)
Schinnen	966	87,5	95,0	97,2
Beek	973	82,4	88,1	91,7
Schaesberg	965	158,1	164,4	168,9
Valkenburg	963	134,0	143,3	146,3
Ubachsberg	962	182,4	190,7	193,4
Oost Maarland	981	105,0	110,0	111,4
Noorbeek	971	147,3	159,7	160,7
Epen	980	109,8	116,1	117,3
Vaals	968	124,6	131,5	133,0

Lokale neerslag

Het doorrekenen met een bui die daadwerkelijk in het te beschouwen gebied is gevallen heeft als grote voordeel dat hiermee een validatie van het rekenmodel kan worden uitgevoerd. Door de berekeningsresultaten te vergelijken met wat in de praktijk is geconstateerd kan worden beoordeeld hoe plausibel de resultaten van het rekenmodel zijn. Het wordt dan ook geadviseerd om een dergelijke berekening uit te voeren indien er voldoende gegevens ter vergelijking (foto's, video's van de daadwerkelijke situatie) beschikbaar zijn. Ook dit betreft buien waarbij in de praktijk overlast of een grote mate van water op straat is opgetreden.

Omdat er meestal vrij weinig tot geen gegevens van neerslagmeetstations beschikbaar zijn, wordt meestal gebruik gemaakt van neerslaggegevens uit radarmetingen (bijvoorbeeld RadarTools van Stichting RIONED). Bij het toepassen van radargegevens is het van belang rekening te houden met het feit dat dit de gemiddelde neerslag per kilometervak (vierkant van 1 x 1 km) betreft. Omdat extreme piekintensiteiten zeer lokaal kunnen vallen kan het zijn dat de radargegevens een (beduidend) lagere intensiteit aangeven dan in de praktijk op een klein gebied (of regenmeter) is gevallen.

6.1.1.4 Klimaatbuien Waterschap Limburg

Het WL heeft voor het rekenen aan regionale watersystemen en landelijke afstroming een eigen set klimaatbuien opgesteld. Bij het uitvoeren van berekeningen waarbij regionale watersystemen en/of landelijke afstroming worden meegenomen dienen deze buien te worden gehanteerd. De kenmerken van de betreffende buien zijn in bijlage B4 weergegeven. Het betreft geen blokbuien met een constante intensiteit. Het buiverloop van deze buien is ook in deze bijlage weergegeven.

Voor berekeningen zoals bij het opstellen van een SSW worden gemaakt zijn normaal gesproken de 2-uurs buien voor 2050 G maatgevend. Voor het benodigde inzicht moeten hiervan de T10, T25 en T100 bui worden doorgerekend.

6.1.1.5 Neerslagreeks

Ten behoeve van de emissieberekeningen worden simulaties met de tienjarige neerslagreeks voorgeschreven. In de Kennisbank Stedelijk Water is deze reeks gestandaardiseerd om benchmarking tussen verschillende gemeenten mogelijk te maken. Hierin is ook uitgelegd waarom er geen actuelere reeks beschikbaar is. Bij het gebruik van de neerslagreeks mogen droge perioden niet worden verwijderd, om het effect van opeenvolgende gebeurtenissen correct weer te geven.

6.2 Rioolmodel

6.2.1 Droogweerafvoer

Het effect van de droogweerafvoer op de uitkomsten van rioleringsberekeningen kan groot zijn. Dit geldt met name voor reeksberekeningen die worden gebruikt om de vuiluitworp te bepalen. De gemaalcapaciteit en de capaciteit van knijpconstructies dienen volgens de werkelijke gegevens te worden geschematiseerd. Als de droogweerafvoer niet wordt ingevoerd, heeft het gemaal in het rioolmodel een te hoge capaciteit (een hogere poc). Dit heeft direct effect op het overstortende volume (dus een te lage berekening van de vuiluitworp). Anderzijds heeft een te hoge schatting van de droogweerafvoer een te hoge vuiluitworp tot gevolg.

Waterschapsbedrijf Limburg heeft de beschikking over meetgegevens van vrijwel al haar gemalen. Op basis van deze metingen kunnen dagvolumes en piekdebieten voor de droogweerafvoer worden herleid. Indien deze gegevens beschikbaar zijn, dienen deze te worden verwerkt in de rekenmodellen. Alleen als er geen betrouwbare meetgegevens voor handen zijn wordt gebruik gemaakt van theoretische bepaling voor de droogweerafvoer.

Voor de modelbelasting in berekeningen van toekomstscenario's dient rekening te worden gehouden met de groei- of krimpprognoses van huishoudelijk, bedrijfs- en recreatieafvalwater. Hierbij wordt bijlage B5.07 gebruikt en samen met gemeente en Waterschapsbedrijf Limburg afgestemd.

6.2.1.1 Huishoudelijk

Het aantal inwoners kan bij de betreffende gemeente worden opgevraagd of opgezocht op de website van het CBS. Dit aantal dient per bemalingsgebied te worden ingevoerd. Komen de gebieden van de CBScijfers (vaak op wijkniveau) en de rioleringsgebieden niet met elkaar overeen, dan dienen de cijfers op basis van het aantal woningen binnen de gebieden te worden (her)verdeeld.

Voor het piekdebiet wordt het kental van 12 liter per inwoner per uur gehanteerd. Dit kental is gebaseerd op een waterverbruik van circa 120 liter per inwoner per dag over een periode van 10 uur. Dit sluit aan op hetgeen in de Kennisbank Stedelijk Water is vermeld.

Voor de prognose van huishoudelijk afvalwater wordt ook gebruik gemaakt van prognoses voor regionale bevolkingsgroei en krimp (o.a. CBS en Provincie Limburg) en informatie over nieuwe bestemmingsplannen/ontwikkelingen die bij de gemeente bekend is.

6.2.1.2 Bedrijven

Voor bedrijven is het bepalen van de droogweerafvoer lastiger. Sinds de invoering van de AVG (algemene verordening gegevensbescherming) is het vrijwel onmogelijk om informatie te krijgen over drinkwaterverbruik van bedrijven. Dit was voorheen een eenvoudige wijze om een goede inschatting te maken van de droogweerafvoer.

Vaak kunnen wel drinkwatergegevens en grondwateronttrekkingen per gebied worden opgevraagd. Bijvoorbeeld door het aanleveren van een shapefile met gebieden. Indien drinkwater wordt verwerkt in voedingsmiddelen moeten deze buiten beschouwing worden gelaten.

Daar waar gemalen worden gebruikt om de DWA te verpompen kan op basis van eventuele registratie van de werking van het gemaal een onderbouwing worden gemaakt van de hoeveelheid DWA. Sommige vergunningsplichtige bedrijven hebben een meetverplichting die als bron kan worden gebruikt.

Het gebruik van kentallen is onvoldoende nauwkeurig om te gebruiken in een SSW. Als er te weinig gegevens bekend zijn over de droogweerafvoer, dan moet deze worden gemeten in het rioolstelsel.

Voor de prognose van bedrijventerreinen wordt ook gebruik gemaakt van de provinciale gegevens op www.rebislimburg.nl (geplande terreinen). In overleg met Waterschapsbedrijf Limburg en de belanghebbenden wordt vastgesteld welke kengetallen uit de Kennisbank Stedelijk Water van Stichting RIONED worden gebruikt.

6.2.1.3 Recreatie

Bij het bepalen van de droogweerafvoer voor recreatieve accommodaties is de grote vraag in welke mate de accommodaties bezet zijn. Vaak is alleen het maximale aantal recreanten bekend. Het CBS heeft weliswaar bezettingsgraden beschikbaar, maar de gegeven percentages hebben betrekking op accommodaties die in de betreffende maand geopend zijn. Omdat niet wordt aangegeven welk percentage accommodaties al dan niet geopend is, is de bezettingsgraad van het CBS dus te laag en kunnen deze bezettingsgraden niet worden gehanteerd om de droogweerafvoer van recreanten te bepalen. Ten behoeve van de Uniforme Rekenmethode is voor de DWA van recreanten onderstaande tabel van bezettingsgraden opgesteld. Deze getallen zijn gebaseerd op expert judgement. Indien een gemeente specifiekere data beschikbaar heeft op basis van toeristenbelasting, heeft het de voorkeur om die te gebruiken.

Voor de prognose van recreatie is afstemming met de gemeente nodig over bekende initiatieven en plannen.

De maatgevende DWA belasting is in de Kennisbank Stedelijk Water van Stichting RIONED aangegeven:

Huishoudelijk	12 l/inwoner/uur
Recreatieparken of vakantiebungalows	10 l/recreant/uur
Campings, jachthavens, etc.	5 l/kampeerder/uur

Tabel 19: Bezettingsgraad per maand voor verblijfsrecreatieve accommodaties

Maand	Kamperen	Bungalows
Januari	2 %	40 %
Februari	5 %	50 %
Maart	10 %	60 %
April	20 %	70 %
Mei	60 %	80 %
Juni	80 %	90 %
Juli	100 %	100 %
Augustus	100 %	100 %
September	70 %	80 %
Oktober	20 %	70 %
November	5 %	60 %
December	2 %	70 %

6.2.2 Grondwater

Indien het grondwater van invloed is op het functioneren van de riolering, dient dit in de berekeningen te worden meegenomen. Aanwijzingen voor dit rioolvreemd water kunnen komen uit:

- Gebiedskennis / overleg gebiedsbeheerders
- Draaiuren gemalen
- Grondwatermeetnet
- DWAAS-methodiek (zie STOWA 2003-08, 2005-20)

Na het vaststellen van de gebieden waar interactie met het grondwater bestaat (door bijvoorbeeld lekkage, drainage of infiltratie) moet deze belasting op het stelsel worden meegenomen. Bij neerslaggebeurtenissen moet een constant waterniveau als aanvulling aan het model worden toegekend. Bij de neerslagreeksen dient dit tijdsafhankelijk per maand te worden toegekend.

Bij de neerslagreeds moet de lediging van het stelsel goed gemodelleerd zijn. Bij gemengde en vuilwaterrioolstelsels is dit het gemaal of de knijpconstructie. Ledinging via lekkage mag buiten beschouwing worden gelaten. Bij regenwaterriolen, infiltratie- en bergingsvoorzieningen moeten de infiltratieparameters van de voorziening worden opgegeven.

7 SIMULATIES

In dit hoofdstuk wordt ingegaan op het uitvoeren van simulaties (berekeningen). Welke instellingen moeten worden gehanteerd bij de simulaties, maar ook met welke condities de simulatie van een neerslaggebeurtenis of neerslagreeks wordt gestart. Daarnaast wordt ingegaan op de verificatie van de berekeningsresultaten.

7.1 Initiële condities

Het is belangrijk dat bij de start van het doorrekenen van een neerslaggebeurtenis of neerslagreeks gestart wordt met de juiste initiële condities in het model. In het rioleringsmodel moet de verloren berging in het systeem ook werkelijk gevuld zijn met water en in het watergangenmodel moeten de permanent watervoerende watergangen ook het werkelijke (streef)waterpeil weergeven tijdens een droogweersituatie bij de start van de simulatie. Per modelapplicatie verschilt het hoe deze initiële condities aangegeven moeten worden in de software. In SOBEK, D-Hydro en 3Di zijn er twee mogelijkheden, waarbij er geen voorkeur is welke toegepast wordt:

1. Voorafgaand aan de neerslaggebeurtenis of neerslagreeks een lang genoeg durende droogweersituatie doorrekenen, waarbij de droogweerafvoer in de riolering en permanente afvoer in de watergangen worden meegenomen. Deze droogweersituatie moet lang genoeg worden doorgerekend, totdat er een evenwichtssituatie ontstaat. Per systeem kan het verschillen hoelang doorgerekend moet worden. Deze droogweersituatie moet aan de neerslaggebeurtenis of neerslagreeks worden toegevoegd.
2. Het eerst doorrekenen van een droogweersituatie, waarbij de droogweerafvoer in de riolering en permanente afvoer in de watergangen worden meegenomen. Deze droogweersituatie moet lang genoeg worden doorgerekend, totdat er een evenwichtssituatie ontstaat. Per systeem kan het verschillen hoelang doorgerekend moet worden. Vervolgens moeten de berekeningsresultaten van de laatste tijdstap van deze droogweersimulatie als startconditie worden gebruikt voor de werkelijke simulatie van de neerslaggebeurtenis of neerslagreeks.

Vaste of fluctuerende waterpeilen dienen bij iedere uitlaat in het model (daar waar het water het rekenmodel verlaat) te worden opgegeven. Verder is het belangrijk om de DWA verdeling over de dag te definiëren, conform de Kennisbank Stedelijk Water, zie ook paragraaf 6.2.1.

In InfoWorks ICM vindt automatisch voorafgaand aan iedere simulatie een initialisatie plaats op basis van de invoer van droogweerafvoer, opgegeven waterpeilen bij uitlaten (daar waar het water het model verlaat) en overige invoerdebietsen. Deze initialisatiefase mag niet handmatig worden afgebroken, want InfoWorks rekent net zolang door tot er een evenwichtssituatie ontstaat. Handmatig stoppen en doorrekenen is daarom niet geoorloofd, omdat de berekeningen dan per definitie onjuist zijn (geen evenwicht en/of stabiele situatie). Anders dan bij SOBEK, D-Hydro en 3Di dienen pas bij het starten van iedere afzonderlijke simulatie de initiële condities te worden opgegeven. Deze staan los van het model. Dit gaat om de volgende initiële condities:

- Fluctuerende of vaste waterpeilen bij uitlaten gedurende de tijdsduur van de simulatie.
- Fluctuerende invoerdebietsen gedurende de tijdsduur van de simulatie.

Belangrijk is om na de simulatie altijd te controleren of bij tijdstap 0 van de simulatie de initialisatiefase voldoende lang is doorgerekend. Bij veel berging in het model kan het voorkomen dat InfoWorks een evenwichtssituatie berekend, maar dat de berging toch nog niet volledig is gevuld. In dat geval dient dezelfde methode te worden toegepast als bij SOBEK, D-Hydro en 3Di. Bij methode 2 moet bij de uiteindelijke simulatie aan worden gegeven dat de initialisatie wordt overgeslagen. Daarbij is het ook nog mogelijk om voor individuele knopen of watergangen de startwaarde voor waterpeil of debiet op tijdstap 0 geforceerd te overrulen. Dit is nodig in het geval de berekende initiële startcondities uit de eerste berekening van alleen de droogweersituatie in de knopen of watergangen nog niet overeenkomt met de gewenste initiële startcondities.

Werkelijke neerslaggebeurtenis/-reeks

Voor het maaiveldmodel is het ook mogelijk om bij de start van iedere afzonderlijke simulatie initiële condities op te geven met trekking tot infiltratie (% verzadiging van de bodem) en waterdiepte. Dit kan gebruikt worden om een situatie te simuleren, waarbij voorafgaand aan de neerslaggebeurtenis die doorgerekend moet worden al neerslag is gevallen en hierdoor bijvoorbeeld een wadi al voor de helft vol staat met water. Dan hoeft niet specifiek die voorafgaande neerslagsituatie ook door te worden gerekend met een juiste neerslaghoeveelheid om tot de gewenste initiële waarden te komen.

Ontwerp/stresstest

Een ander punt van aandacht zijn rioleringsystemen met veel berging. Afhankelijk van het type bui dient bepaald te worden of de piek van de bui nog geborgen wordt. In dat geval wordt de bergingscapaciteit en niet de hydraulische afvoercapaciteit van het systeem getoetst. Als de hydraulische afvoercapaciteit moet worden getoetst, dan moet gerekend worden met een geheel of gedeeltelijk voorgevuld stelsel (bijvoorbeeld als gevolg van een langdurige pompstoring of dat waterbergingen nog niet volledig gelegeerd kunnen zijn).

7.2 Simulatie-instellingen

Tijdsduur

De tijdsduur van de simulatie dient te worden afgestemd op het doel van de berekening. Als de hydraulische afvoercapaciteit wordt beoordeeld, adviseren wij de simulatie minimaal 2x de neerslagduur te laten duren. Voor modelvalidatie dient minimaal een dag na einde neerslag te worden aangehouden of zo veel langer als nodig is om het rioolstelsel te ledigen.

Bij simulaties van een neerslagreeks wordt de tijdsduur afgestemd op de duur van de reeks en vermeerderd met 24 uur.

Rekentijdstap

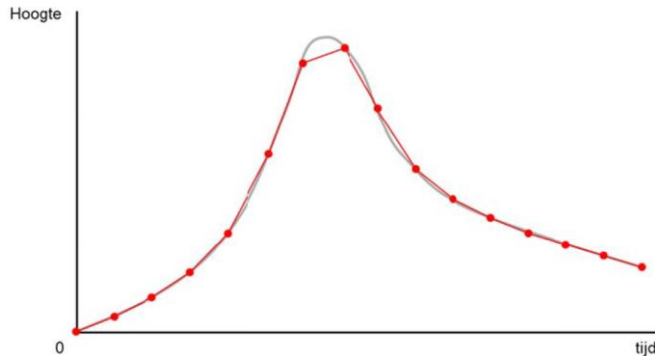
De rekentijdstap bepaalt hoe snel de software de berekeningen uitvoert. Bij elke tijdstap worden de waterstanden, snelheden, debieten, etc. uitgerekend. Bij een te grote stap ontstaan onnauwkeurigheden (met name bij instabiliteit) en zal de software die stap automatisch een keer of een instelbaar maximum aantal keren aanpassen. Als er na het bereikte maximaal aantal keren nog steeds een grote onnauwkeurigheid bestaat, 'hoopt' de software het in de volgende rekentijdstap weer te corrigeren. Helaas kunnen hierdoor ook 'escalaties' ontstaan. Daarom is het altijd noodzakelijk om de volumebalans te verifiëren (zie paragraaf 7.3)

Geadviseerd wordt om bij 1D berekeningen van neerslaggebeurtenissen (dus zonder maaiveldmodel) een rekentijdstap van maximaal 1.5 seconden te gebruiken (InfoWorks ICM en 3Di) en bij (meerjarige) neerslagreeksen een rekentijdstap van maximaal 60 seconden te gebruiken (InfoWorks ICM en 3Di). Bij neerslagreeksen kunnen droge perioden waarin ook de pompen in rust verkeren, versneld worden doorgerekend. Dit mag alleen worden toegepast na een droge periode van 2 dagen. Bij het doorrekenen van een neerslagreeks ten behoeve van een modelvalidatie wordt dit versneld doorrekenen afgeraden.

Bij 2D berekeningen wordt geadviseerd om een rekentijdstap van maximaal 1 seconde te hanteren. In SOBEK wordt voor zowel neerslaggebeurtenissen als neerslagreeksen gerekend met een rekentijdstap van 0,001 seconden.

Uitvoertijdstep (multiplier)

De uitvoertijdstep bepaalt de omvang van de dataopslag, maar ook de nauwkeurigheid van de analyse. Door een te grote uitvoertijdstep kunnen namelijk pieken in waterniveaus of debieten worden gepasseerd. De uitvoertijdstep wordt bepaald aan de hand van een multiplier op de rekentijdstep (InfoWorks ICM en 3Di) of kan separaat worden opgegeven (SOBEK).



Afbeelding 8: Voorbeeld waarbij uitvoertijdstep groter is dan rekentijdstep

Voor neerslaggebeurtenissen adviseren wij, conform de Kennisbank Stedelijk Water, een uitvoertijdstep van 1 minuut toe te passen (bij een rekentijdstep van 15 seconden dus een multiplier van 4). Bij neerslagreeksen adviseren wij, eveneens conform de Kennisbank Stedelijk Water, een uitvoertijdstep van 5 minuten toe te passen (bij een rekentijdstep van 60 seconden dus een multiplier van 5).

Om de hoeveelheid dataopslag verder te beperken kan, nadat een model is geverifieerd, kritisch worden gekeken naar de locaties waarvoor uitvoerresultaten nodig zijn en naar de aard van de uitvoerresultaten. Welke uitvoerresultaten nodig zijn hangt af van de vragen die moeten worden beantwoord. Als u bijvoorbeeld alleen geïnteresseerd bent in het overstortvolume en aantal overstortgebeurtenissen bij een neerslagreeks, dan zijn stroomsnelheden en debieten in de buizen minder relevant en kan een selectie worden gemaakt op de uitvoer voor alleen de overstortlocaties (inclusief randvoorzieningen), gemalen en afvoerleiding naar zuivering (voor controle balans).

7.3 Verificatie resultaten

De rekenstabiliteit wordt in grote mate bepaald door de wijze waarop het model wordt geschematiseerd. Met de schematisatie, zoals omschreven in deze rapportage, worden belangrijke oorzaken van instabiliteit weggenomen. Echter lokale omstandigheden (bijvoorbeeld extreem leidingverhang) kunnen nog steeds voor instabiliteit zorgen. Een controle van de berekening is daarom nodig.

Controle stabiliteit

De controle op de stabiliteit van de berekening omvat:

- Het controleren van de tijdstappen in de simulatie; als deze regelmatig sterk verkleind worden tot de minimumwaarde, kan dit een aanwijzing zijn voor instabiliteit.
- Het controleren van de volumebalans op objectniveau; instabiliteit vertaalt zich vaak in grote afwijkingen in de volumebalans.
- Het controleren van gevoelige punten (zoals gemaalkelders, korte leidingen en overstortputten) op een grillig verloop van de waterstand in de tijd.
- Het controleren van locaties waar snel achter elkaar water op straat ontstaat en verdwijnt.
- Het controleren op kortsluitstromen (die u niet verwacht) tussen rioleringsmodel en maaiveldmodel.

Controle op volume

Omdat de totale volumebalans onder- en overschattingen met elkaar compenseert, is dat geen overtuigende methode om de stabiliteit van het rioolmodel aan te tonen. De volumebalans per knoop is daarvoor een beter middel.

Afwijkingen boven de 5% zijn niet acceptabel en moeten worden opgelost. Dit kan door het verbeteren van de schematisatie of het aanpassen van de rekentijdstep. (NB: de locatie van de balansafwijking is meestal niet de locatie van de oorzaak). Omdat een T=2 bui makkelijker voldoet dan een T=100 bui moet dit per simulatie getoetst te worden.

Bovenstaande geldt voor het 1D model. Voor het maaiveldmodel kan alleen naar de totale volumebalans worden gekeken. Daarom is het belangrijk om eerst het 1D model te bouwen zonder maaiveldmodel en te testen of dit 1D model stabiel is en het maaiveldmodel pas toe te voegen op het moment dat het 1D model stabiel is. Op deze wijze is met enige zekerheid vast te stellen dat als bij toepassing van het maaiveldmodel weer instabiliteit optreedt, dit dan gezocht moet worden in het maaiveldmodel (vaak dan op de overgang van maaiveldmodel naar rioolmodel of watergangenmodel).

Controle op onrealistische waterstanden

'Verdachte' water-op straat situaties bij of rondom overstorten dienen handmatig gecontroleerd te worden. Zijn hier de juiste waarden voor drempelhoogte en/of -breedte ingevoerd, evenals het putoppervlak? Hetzelfde geldt ook bij doorlaten of wervelventielen. Klopt de doorlaatafmeting? Is de GH-karakteristiek juist ingevoerd? Zie ook hoofdstuk 5. 'Verdachte' plaatselijke grote maximale waterdieptes op het maaiveld dienen ook gecontroleerd te worden. Zit hier een verdachte onlogische diepe zink in het maaiveld (onjuiste hoogtemeting)? Een tijdelijke bouwkuip die volloopt? Ligt de insteek van een watergang (watergangenmodel) ten opzichte van het maaiveldmodel verschoven, waardoor er zich water verzamelt tussen insteek maaiveldmodel en insteek watergangenmodel? Ontbreken er verbindingen/duikers?

Controle op ledigingstijd

Het is belangrijk om de ledigingstijd van een systeem te controleren. De ledigingstijd in het model moet overeenkomen met wat verwacht mag worden op basis van berging in het systeem en de gemaalcapaciteit. Als de ledigingstijd min of meer overeenkomt met de verwachting, is dat een aanwijzing dat de balans van gemaalcapaciteit, instromend (afval)water en de geometrie en de structuur van het systeem juist in het model zijn opgenomen. Bij een significante afwijking kan dit wijzen op de volgende problemen of onjuistheden in het model:

- Schematisering van het gemaal in het model
- De grootte van het DWA-aanbod, inclusief eventuele instroom van oppervlaktewater en/of infiltrerend grondwater
- Bergingshoogterelatie van het systeem
- Ontbrekende of onjuist gemodelleerde voorzieningen, zoals terugslagkleppen, stuwen en schuiven
- Ontbrekende of onjuiste RTC-regeling
- Ontbrekende of onjuiste infiltratieparameters bij leidingen, watergangen en infiltratievoorzieningen

Controle op basis van praktijkervaringen

Alle voorgaande controles zijn gericht op controles binnen het model. Daarnaast dient het model ook nog geverifieerd te worden op basis van ervaringen uit de praktijk. Denk hierbij aan:

- Gebiedskennis van de beheerders
- Klachten en meldingen van burgers
- Beeldmateriaal (foto's/video's die bijvoorbeeld openbaar gedeeld worden op social media)
- Ecologische toets
- Meetdata:
 - Overstortgedrag en ledigingstijd
 - Monitoring infiltratievoorzieningen (indien aanwezig)
 - Model doorrekenen met werkelijke neerslag en modelresultaten vergelijken met de meetdata

Indien het model afwijkt van de praktijk, moet onderzocht worden waardoor dit wordt veroorzaakt. Voorbeelden van veel voorkomende oorzaken zijn: dat de opgegeven gemaalcapaciteiten niet overeenkomen met de praktijk, dat er meer of juist minder verhard oppervlak is aangesloten op het rioolstelsel, dat vergunde grote lozingen vaak de maximale afvoer zijn die niet continue voorkomen. Daarnaast kunnen inloopp parameters in het neerslagafvoermodel te conservatief zijn gekozen.

8 RAPPORTAGE EN TABELLEN

Om berekeningsresultaten onderling te vergelijken dient de output op gelijke wijze te worden gerapporteerd. Op de website van Stichting RIONED (www.riool.net) is middels de zoekwoorden 'typische inhoudsopgave SSW' de opbouw en inhoudsopgave van het SSW rapport aangegeven. Het rapport volgens de URM dient op basis van deze indeling te worden opgesteld. Het SSW rapport bestaat hiermee uit de volgende delen:

- Deel I Beschrijving stedelijk watersysteem
- Deel II Beschrijving functioneren stedelijk watersysteem
- Deel III Evaluatie functioneren stedelijk watersysteem
- Deel IV Maatregelen
- Bijlagen

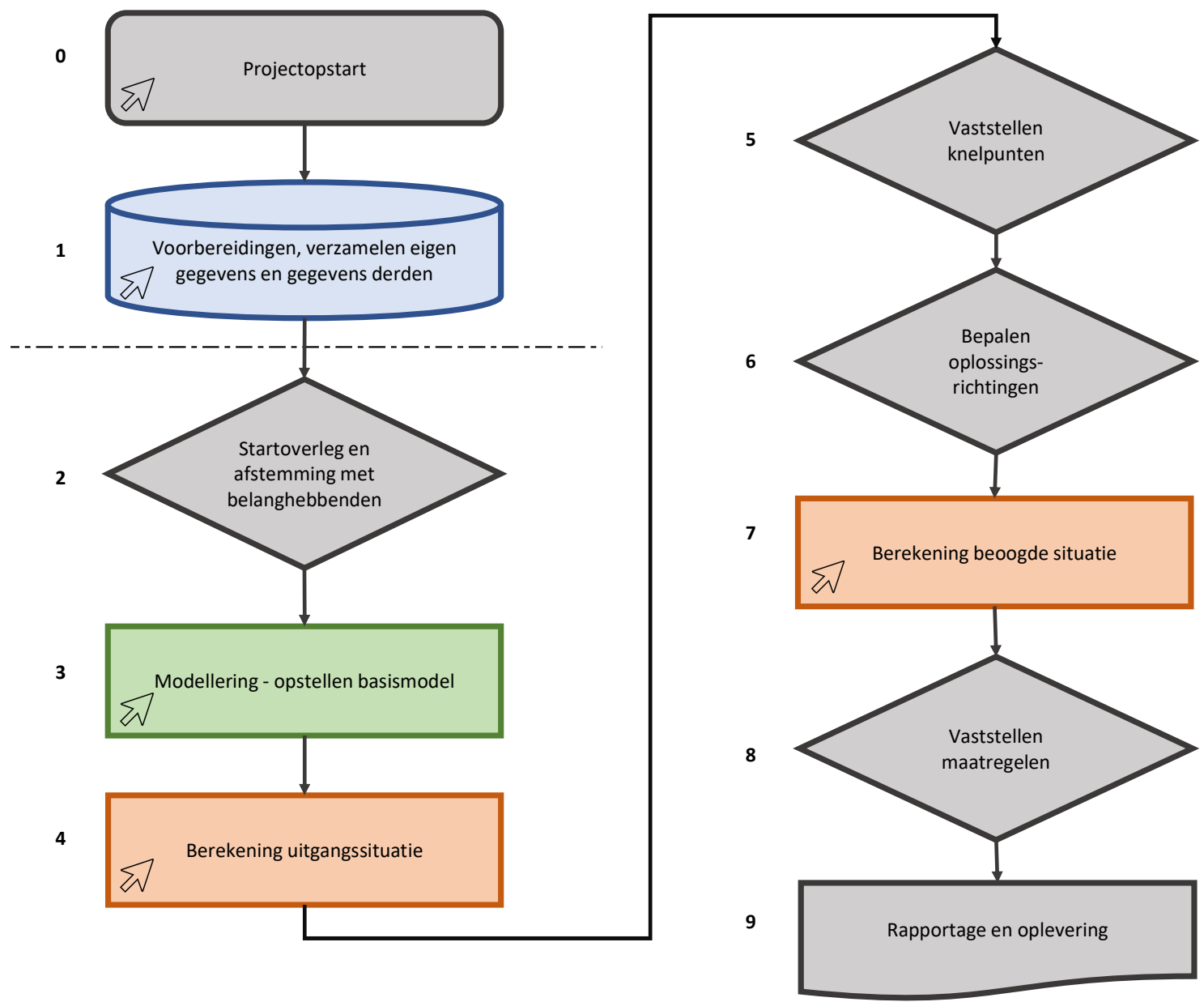
De bijlagen genoemd op de website van Stichting RIONED zijn ook inhoudelijk de bijlagen die horen bij het SSW rapport volgens de URM, doch worden op een andere wijze gepresenteerd. In onderstaande tabel zijn de benodigde bijlagen opgenomen. Voorbeelden van deze bijlagen of het format waarin deze bijlagen opgesteld dienen te worden, zijn in bijlagen B5.01 t/m B5.13 opgenomen.

Bijlagennummer en omschrijving	Omschrijving bijlagen ¹
01 Overzichtstekening rioleringsgebieden	<ul style="list-style-type: none"> • Overzichtskaart of GISkaart met daarop aangegeven de topografie en de functie van de grond en welke vuilwater, hemelwater, en grondwatersystemen zich in het gebied bevinden. • Overzichtstekeningen of GISkaartlagen met daarop aangegeven welke systemen zich waar bevinden. <p>➔ Inhoud en drempel hemelwaterbuffers op tekeningen vermelden.</p>
Shapefiles rioleringsgebieden	➔ Shapes van de bemalingsgebieden.
02 Overzichtstekening permanente vulling	➔ Grafisch inzichtelijk maken waar in het stelsel verloren berging aanwezig is (permanente vulling).
03 Overzichtstekening afvoerend oppervlak	<ul style="list-style-type: none"> • Overzichtstekeningen of GISkaartlagen met daarop aangegeven welke oppervlakken naar welke systemen afvoeren. <p>➔ Ook de niet aangesloten verharding opnemen.</p> <p>➔ Ook half- en onverharde afvoerende oppervlakken aangeven.</p>
Shapefiles afvoerend oppervlak	➔ Shapes volgens BGT inloopmodel.
04 Blokkenschema en karakteristieke gegevens	<ul style="list-style-type: none"> • Kenmerkenbladen of GISattributentabellen van vuilwatersystemen. • Kenmerkenbladen of GISattributentabellen van hemelwatersystemen. • Kenmerkenbladen of GISattributentabellen van grondwatersystemen.
Grafische weergave blokkenschema	➔ Blokkenschema als een tekeningbijlage opnemen.
05 Overzicht riooloverstorten	➔ Kenmerken van de externe overstorten.
Uitvoerbestand afvoercurven	➔ Afvoerloop (Qt) per overstort per bui (T=10, T=25 en T=100) (als csv-bestand opleveren).
06 Overzicht hemelwateruitleten	➔ Kenmerken van uitleten van hemelwatersystemen zonder overstort.
Uitvoerbestand afvoercurven	➔ Afvoerloop (Qt) per uitlaat per bui (T=10, T=25 en T=100) (als csv-bestand opleveren).
07 Afvalwaterprognose	➔ Prognose van de toename of afname van het afvalwater per gebied als vergelijking met de peildatum.
08 Rekenresultaten	<ul style="list-style-type: none"> • Resultaten van berekeningen. <p>➔ Inclusief rekenresultaten / maatregelen tbv ecologische toets.</p>
09 Overzichtstekening ecologische toets	➔ Overzichtskaart met resultaten van de reeksrekening tbv de KRW-opgave/ecologische toets.
10 Overzichtstekening validatiebui	<ul style="list-style-type: none"> • Overzicht van klachten/meldingen in de voorgaande planperiode. • Resultaten van metingen in de huidige situatie. <p>➔ Overzichtskaart met resultaten van de validatiebui.</p>
11 Overzichtstekening huidige situatie wateropstraat	• Overzichtstekeningen of GISkaartlagen met daarop aangegeven de knelpunten in de huidige situatie.
12 Overzichtstekening toekomstige situatie wateropstraat	• Overzichtstekeningen of GISkaartlagen met daarop aangegeven de knelpunten in de toekomstige situatie.
13 Overzichtstekening maatregelen	<ul style="list-style-type: none"> • Een kaart of GIS-kaartlagen met daarop aangegeven welke maatregelen de gemeente neemt. • Een kaart of GIS-kaartlagen met daarop aangegeven de monitoringslocaties voor de SSW-planperiode.

¹ Komt uit bijlagen volgens de website van Stichting RIONED (•) of betreft hierop een aanvulling (➔).

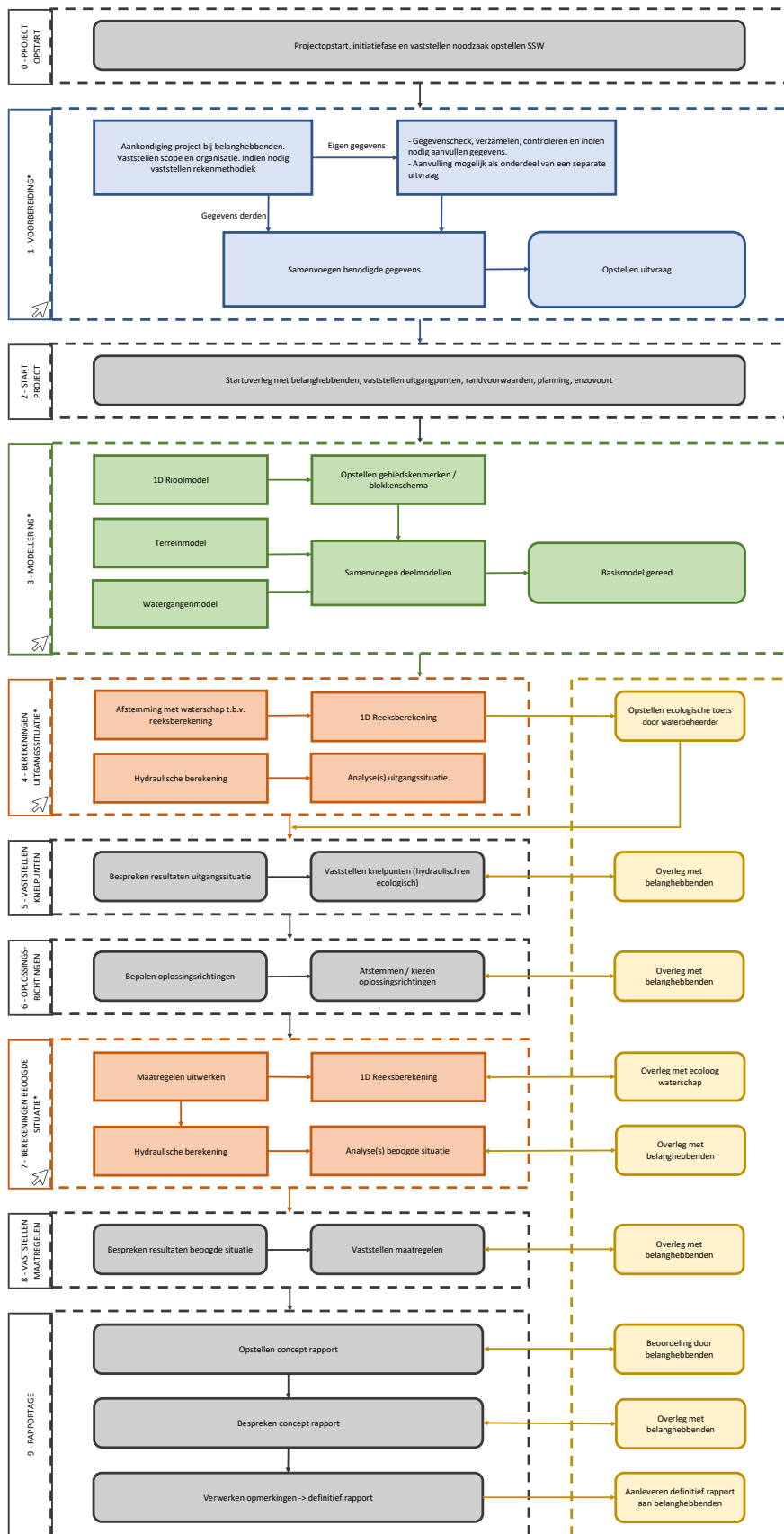
BIJLAGEN

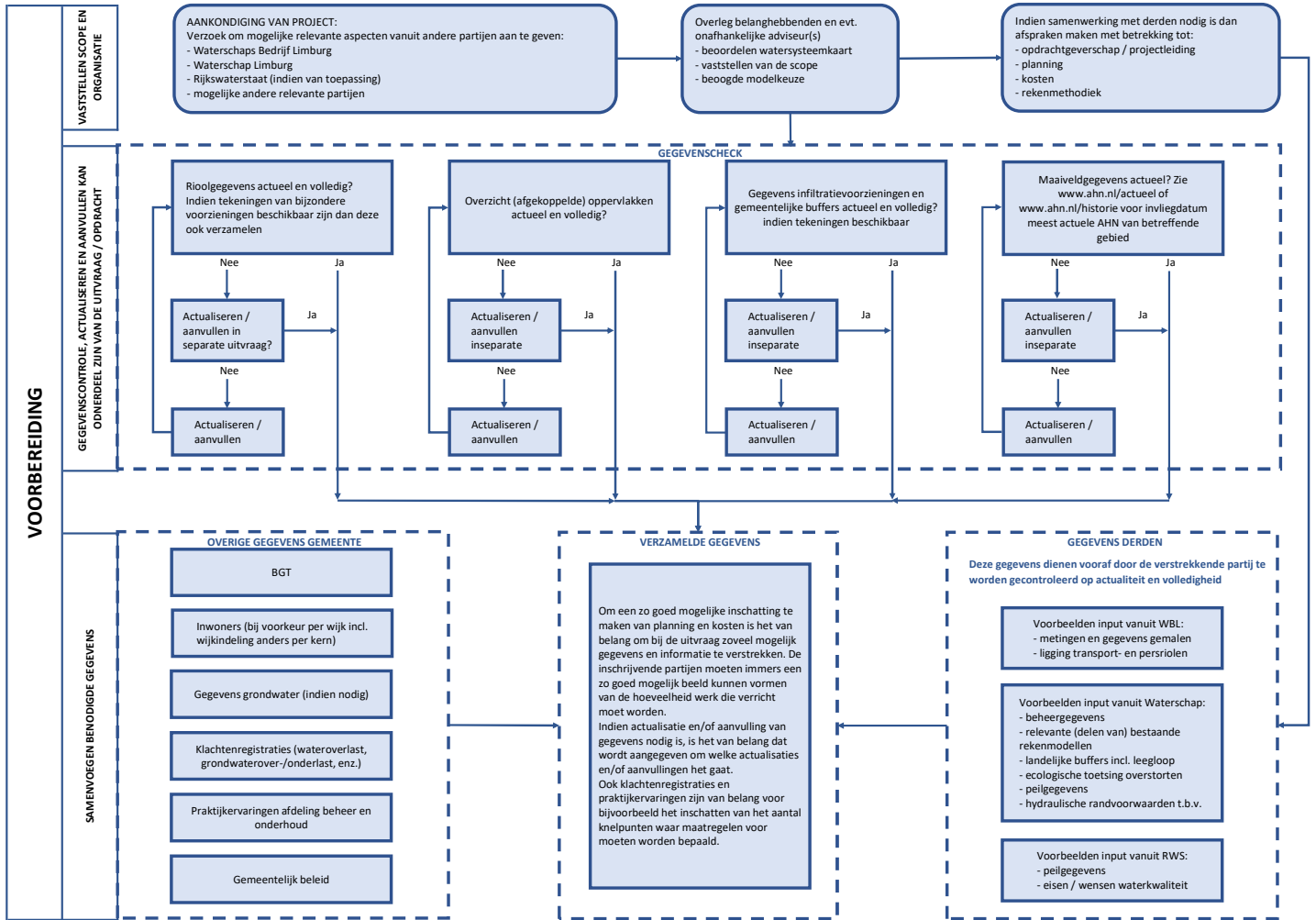
B1 PROCESSHEMA

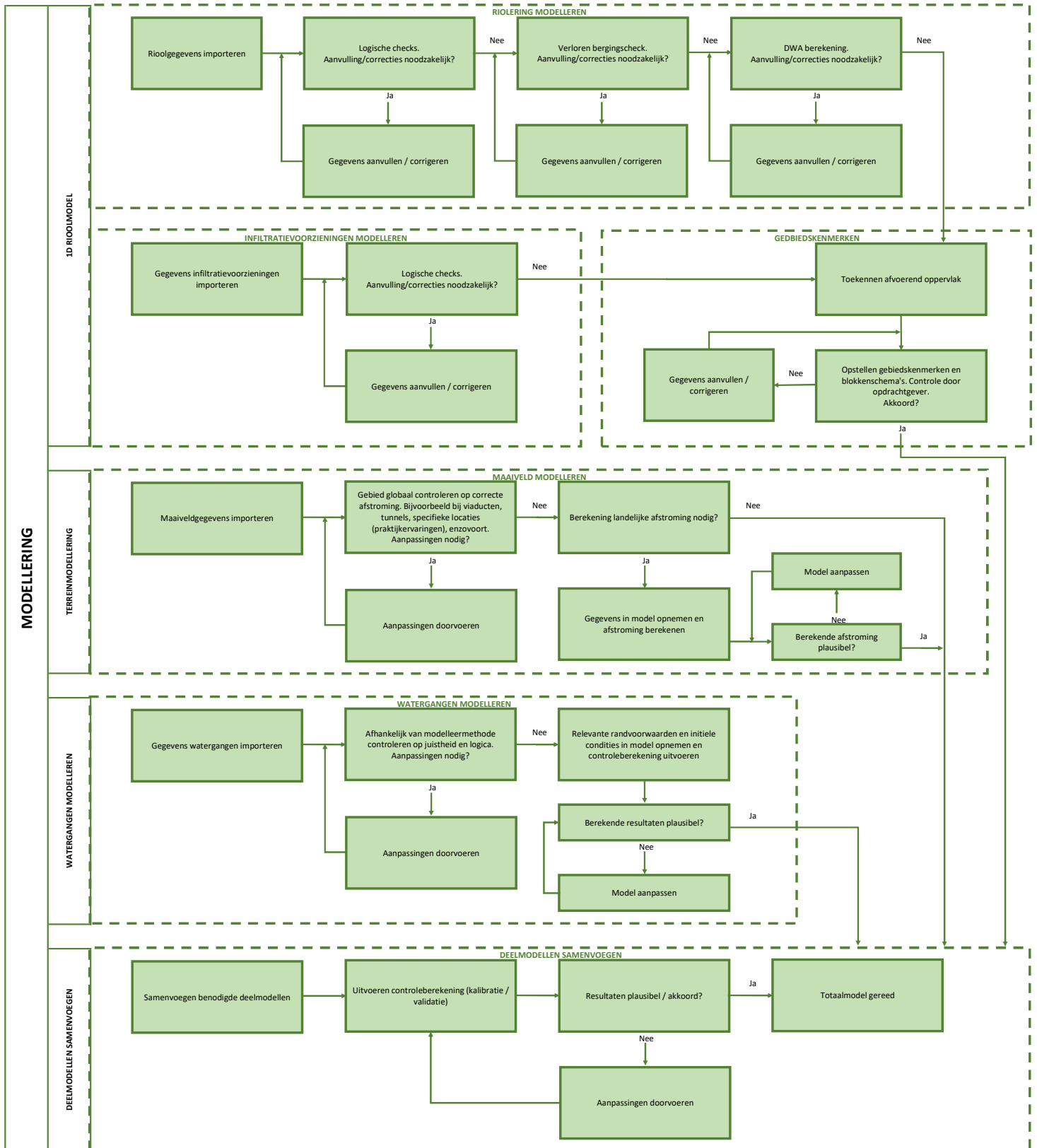


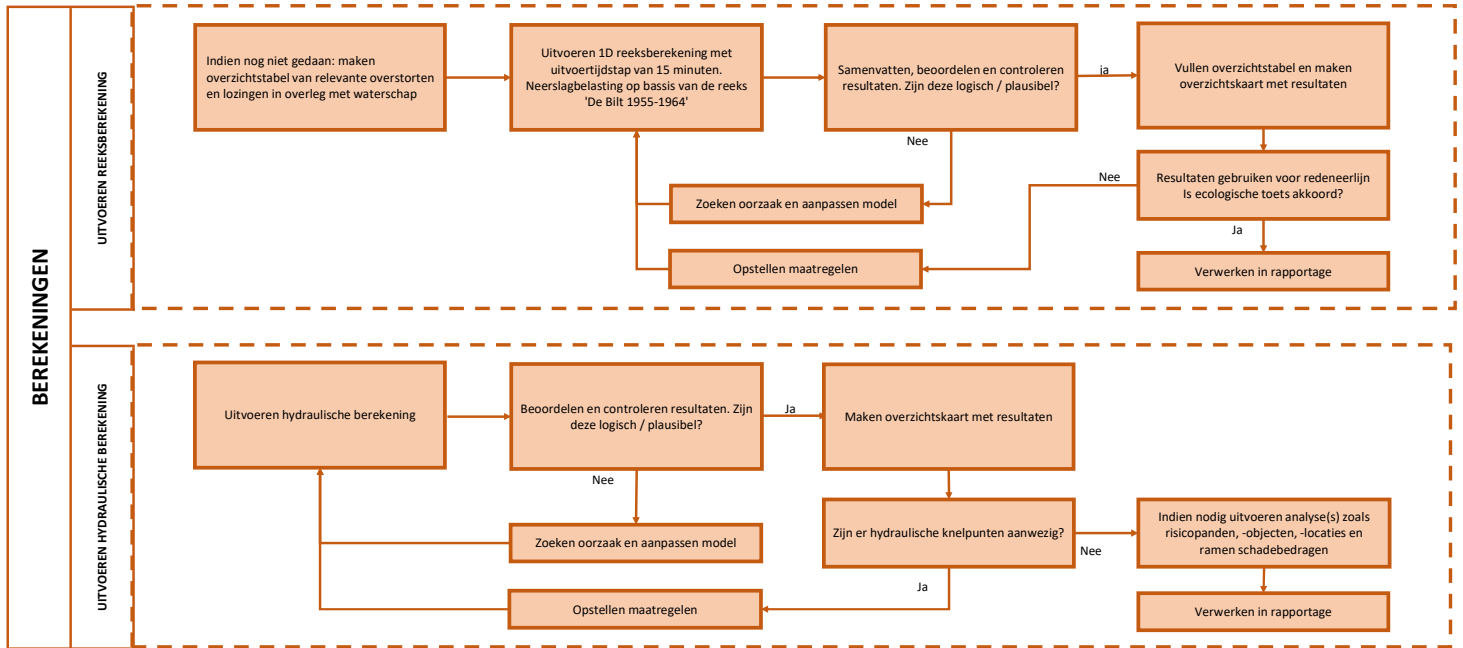
PROCESSHEMA OPSTELLEN SYSTEEMOVERZICHT STEDELIJK WATER (SSW)

* = zie gedetailleerd processchema









B2 CHECKLIST GEGEVENS

Onderdeel	Omschrijving	Wie
Project	Vaststellen scope	initiatiefnemer, gemeente, WL, WBL
	Vaststellen stakeholders	initiatiefnemer, gemeente, WL, WBL, RWS
	Vaststellen projectorganisatie	initiatiefnemer
	Watersysteemkaart	initiatiefnemer, gemeente, WL, WBL, RWS
Data	Rioolbeheerdata	gemeente + WBL
	Kolkenbestand met coördinaten (bekend uit kolkenreiniging met GPS)	gemeente
	Geometrie riool- en randvoorzieningen	gemeente + WBL
	Gemaalcapaciteiten	gemeente + WBL
	Afvoercurven van wervelventielen	gemeente + WBL
	Infiltratievoorzieningen incl. overloop en leegloop	gemeente
	Buffervoorzieningen incl. overloop en leegloop	gemeente + WBL
	Afvoerend oppervlak incl. afgekoppeld oppervlak	gemeente
	Reconstructies ivm gewijzigde hoogteligging	gemeente + WBL
	Inwoners per wijk, inclusief wijkindeling	gemeente
	Analyse dwa-afvoer en actuele gemaalcapaciteiten	WBL
	Gegevens grondwaterstanden, indien relevant	gemeente + WL
	Klachtenregistratie wateroverlast	gemeente + WL
	Praktijkervaringen beheer en onderhoud	gemeente + WL
	Monitoringsdata riool- en randvoorzieningen	gemeente + WBL
	Monitoringsdata infiltratievoorzieningen	gemeente
	Hydraulische randvoorwaarden watergangen	WL
	Ecologische toets	WL + RWS
	HyDAMO (datamodel hydrologie)	WL
	Landgebruik	online beschikbaar
	Peilgegevens	WL
	AHN, BAG, BGT	online beschikbaar
	Drinkwaterverbruik per gebied / bedrijventerrein	gemeente / WBL
	Prognose afvalwater (nieuwe ontwikkelingen CBS, REGIS, provinciale gegevens)	gemeente / WBL / provincie
Grondwaterverbruik	gemeente / WL	
Lozingsgedrag vergunningsplichtige bedrijven	gemeente / WL	
Beleid en normen	Gemeentelijk beleid	gemeente
	Waterschapsbeleid	WL
	Subsidieregeling afkoppelen	gemeente + WL
	Redeneerlijn / ecologische toets	WL / WBL / RWS
	Hydrologische werkwijze WL	WL
	Nieuwe ontwikkelingen in hydrologische werkwijze	WL
	Actuele klimaatbuien	WL
	Afstemmen initiele situatie voor verzadiging en infiltratie	WL
Afstemmen infiltratieparameters irt landgebruik en hellingsklassen	WL	

WL = Waterschap Limburg

WBL = Waterschapsbedrijf Limburg

B3 VOORBEELD CONTROLE RIOLERINGSGEGEVENS

Voorbeeld onder- en bovengrenzen t.b.v. controles op rioleringsgegevens

Onderdeel		ondergrens	bovengrens	Opmerking
Inspectieputten	Putafmeting	0.8 m	2 m	Normale inspectieputten. Bijzondere putten altijd verifiëren of opgegeven afmetingen kloppen.
	Aantal verbonden leidingen	1 stuks	4 stuks	
Overstortputten	Drempelniveau	xx m NAP	xx m NAP	Locatie afhankelijk
	Drempelbreedte	0.5 m	10 m	Waarden buiten deze grens controleren of dit klopt met de praktijk
	Aantal compartimenten	2 stuks		
	Putafmeting	0.5 m	Afhankelijk van vorm drempel	Per compartiment.
	Vrije ruimte boven drempel	> 0 m	< 0.75 m onder maaiveld	
Gemalen	Pompcapaciteit	10 m ³ /uur	Indicatie DWA + POC	
	Inslagpeil	xx m NAP	xx m NAP	Locatie afhankelijk
	Uitslagpeil	xx m NAP	xx m NAP	Locatie afhankelijk
	Aantal compartimenten	1 stuks		Gemengd stelsel en vuilwaterstelsel meestal 1. Bij VGS met aparte DWA en RWA pompen minimaal 2.
	Putafmeting	0.8 m	Afhankelijk van type gemaal en afvoercapaciteit	Per compartiment.
Doorlaten	Afmeting doorlaat	125 mm	400 mm	
	Putafmeting	0.5 m		Per compartiment.
Terugslagkleppen	Afmeting doorlaat	125 mm	400 mm	
	Putafmeting	0.5 m	Afhankelijk van afmeting terugslagklep	Per compartiment.
	Afvoerrichting	1 stuks	1 stuks	
Wervelventielen	Afvoercapaciteit			Op basis van Q-H relatie
	Aantal compartimenten	2 stuks		
	Putafmeting	0.8 m	Afhankelijk van afmeting wervelventiel	Per compartiment.
	Afvoerrichting	1 stuks	1 stuks	
Schildmuren	Aantal compartimenten	2 stuks		
	Putafmeting	0.8 m	2 m	Per compartiment.
(Spindel)schuiven	Aantal compartimenten	2 stuks		
	Putafmeting	0.8 m	2 m	Per compartiment.
Leidingen	Materiaal			Van belang of maat inwendige of uitwendige diameter is en voor wandruwheid.
	Leidingafmeting	160 mm	1500 mm	Bij grotere afmetingen altijd verifiëren of dit klopt. Bijvoorbeeld bij randvoorzieningen, bergingskelders etc.
	Lengte	1 m	80 m	Langere en kortere lengte altijd verifiëren of dit klopt.
	BOB leiding	xx m NAP	xx m NAP	Locatie afhankelijk.
	Bodemafschot	1:1000	1:100	Bij grote maaiveldverschillen niet stijler dan helling maaiveld. Bij bodemafschot < 1:1000 verifiëren of dit klopt.
	Dekking	0.6 m	4 m	

B4 KLIMAATBUIEN WATERSCHAP LIMBURG

Voor de meest actuele klimaatbuien wordt verwezen naar de rapportage “hydrologische werkwijze” van Waterschap Limburg.

B4.1 WL klimaatbuien

Herhalings tijd (T=)	2 uur huidig zomer (STOWA 2018)	2 uur klimaat 2050 (STOWA 2018)
10	36,8	39,5
25	46,9	50,8
50	56,5	61,2
100	68,4	74,0

B4.2 Buiverloop 2 uurs buien

Buiverdeling 5 minuten op basis van neerslaggegevens klimaatcijfers 2018						
stap nr.	Procentuele verdeling 'Middel hoog'	Minuten	T=10 39,5 mm	T=25 50,8 mm	T=50 61,2 mm	T=100 74,0 mm
1	0,000	0	0	0,00	0,00	0,00
2	0,000	5	0	0,00	0,00	0,00
3	0,007	10	0,28	0,36	0,43	0,53
4	0,008	15	0,32	0,42	0,50	0,61
5	0,018	20	0,70	0,90	1,09	1,32
6	0,031	25	1,21	1,56	1,88	2,27
7	0,026	30	1,04	1,34	1,62	1,95
8	0,020	35	0,80	1,03	1,24	1,50
9	0,022	40	0,88	1,13	1,36	1,64
10	0,015	45	0,60	0,77	0,93	1,12
11	0,073	50	2,86	3,68	4,44	5,37
12	0,087	55	3,42	4,39	5,29	6,40
13	0,283	60	11,16	14,36	17,30	20,91
14	0,144	65	5,70	7,33	8,83	10,67
15	0,079	70	3,14	4,03	4,86	5,88
16	0,046	75	1,82	2,34	2,82	3,40
17	0,045	80	1,77	2,27	2,74	3,31
18	0,031	85	1,21	1,56	1,88	2,27
19	0,022	90	0,88	1,13	1,36	1,65
20	0,007	95	0,26	0,34	0,40	0,49
21	0,011	100	0,41	0,53	0,64	0,78
22	0,013	105	0,53	0,68	0,81	0,98
23	0,010	110	0,38	0,49	0,59	0,72
24	0,003	115	0,12	0,16	0,19	0,23
25	0,000	120	0	0	0,00	0,00

B5 SSW-BIJLAGEN

B5.01 Overzichtstekening bemalingsgebieden

GIS-bestanden ook separaat aanleveren

B5.02 Overzichtstekening permanente vulling

B5.03 Overzichtstekening afvoerend oppervlak

GIS-bestanden ook separaat aanleveren

B5.04 Input blokkenschema

B5.05 Overzicht riooloverstorten

Afvoerverloop (Q_t) per overstort per bui (T=10, T=25 en T=100) (als csv-bestand opleveren)

B5.06 Overzicht hemelwateruitlaten

Afvoerverloop (Q_t) per hemelwateruitlaat per bui (T=10, T=25 en T=100) (als csv-bestand opleveren)

B5.07 Afvalwaterprognose

B5.08 Rekenresultaten

B5.09 Ecologische toets

B5.10 Overzichtstekening validatiebui

B5.11 Overzichtstekening huidige situatie water-op-sstraat

B5.12 Overzichtstekening toekomstige situatie water-op-sstraat

B5.13 Maatregelen

B6 KOPPELTABEL LANDGEBRUIKSKAART

Origineel landgebruik	Vertaling landgebruik
Boomteelt	Gras / boomgaard
Bouwland	Akker
Braak land	Akker
Duin	Akker
Erf	0.15 * gras
Fruitteelt	Gras / boomgaard
Gemengd bos	Bos
Gesloten verharding	Verhard
Gras	Gras / boomgaard
Grasland	Gras / boomgaard
Groenvoorziening	Gras / boomgaard
Half verhard	0.15 * gras
Heide	Gras / boomgaard
Houtwal	Bos
Kwelder	Gras / boomgaard
Loofbos	Bos
Moeras	Gras / boomgaard
Naaldbos	Bos
Natuurterrein	Bos
Onverhard	0.15 * gras
Open verharding	0.15 * gras
Rietland	Gras / boomgaard
Struiken	Gras / boomgaard
Water	Water
Waterberm	Gras / boomgaard
Zand	Akker
Overige	Gras / boomgaard
Nodata	Gras / boomgaard