

## Concretisering begrensde gebiedsontwikkelruimte

Lob van Genneep en Thorn-Wessem



**Concretisering begrensde gebiedsontwikkelruimte**  
Lob van Gennep en Thorn-Wessem

**Auteur(s)**

Nathalie Asselman

Peter de Grave

Otto Levelt

# Samenvatting

## Inleiding

In de kamerbrief van 18 juni 2020 heeft de Minister van Infrastructuur en Waterstaat een besluit genomen over de beleidsuitwerking voor het laten vervallen van de status rivierbed achter primaire waterkeringen in de Maasvallei. Dit besluit geldt ook voor de Lob van Gennep en Thorn-Wessem. Echter, vanwege de waterbergende functie van deze gebieden die van belang is voor het hele Maassysteem, is besloten om in deze gebieden te werken met een aangepast regime van begrensde gebiedsontwikkelruimte<sup>1</sup>. Aldus wordt voorkomen dat grootschalige ontwikkelingen plaatsvinden die de waterbergende functie van deze gebieden verminderen.

In het najaar van 2020 is in een werkgroep met vertegenwoordigers uit Rijk en regio gestart met het invulling geven aan de idee van een begrensde gebiedsontwikkelruimte. Daarbij zijn redeneerlijnen opgesteld om de ontwikkelruimte per gebied te bepalen. In januari 2021 is Deltares gevraagd om te reflecteren op de redeneerlijnen en te beoordelen welke uitgangspunten te hanteren zijn. Ook is gevraagd om de gebiedsontwikkelruimte voor zowel Lob van Gennep als Thorn Wessem conform de redeneerlijnen te berekenen.

## Voorgestelde redeneerlijnen op hoofdlijnen

Om de werking van deze waterbergende gebieden richting de toekomst zeker te stellen, moeten de volgende punten worden geborgd:

1. Het behoud van waterbergend volume;
2. Werking bij het juiste bereik aan hoogwaterafvoeren van de Maas: het niet te laat maar ook niet te vroeg instromen van het gebied.

Ontwikkelingen in gebieden met een bergende functie kunnen van invloed zijn op beide aspecten. Zo kan nieuwe bebouwing leiden tot een afname van het bergingsvolume. Het leidt ook tot een toename van de schade in geval van overstromen. Dit kan aanleiding geven voor een strengere beschermingsnorm en daarmee mogelijk leiden tot een hogere primaire waterkering. Wat tot gevolg heeft dat het gebied later instroomt en mogelijk er minder aftopping plaatsvindt bij afvoeren die van belang zijn voor het bepalen van de benodigde dijkhoogtes in benedenstrooms gelegen gebieden. Of deze invloed er is, is mede afhankelijk van ontwikkelingen in benedenstroomse gebieden: als benedenstrooms gelegen gebieden in de toekomst een strengere norm krijgen (bijvoorbeeld door een toename van de potentiële schade), dan zou later instromen niet altijd tot nadelige gevolgen hoeven leiden.

De opgestelde redeneerlijnen sluiten aan op deze twee aspecten. De eerste redeneerlijn gaat uit van een begrenzing van de ontwikkelruimte op basis van een verondersteld maximaal toelaatbaar waterstandseffect van 1 mm en het daarbij behorende maximaal toelaatbare verlies aan bergingsvolume. Bij de eerste variant van deze redeneerlijn blijft de grens van 1 mm waterstandsstijging centraal staan. Bij de andere variant is dat door vertaald naar een maximaal toelaatbare afname van het bergingsvolume van 1%. De tweede redeneerlijn is er op gericht om de schadetoename te beperken en een toekomstige normaanscherping te voorkomen.

---

<sup>1</sup> Dit regime wordt van toepassing op de gebieden die nu vallen onder het bergend regime van de Beleidslijn Grote Rivieren (BGR).

## **Reflectie op de redeneerlijnen en de onderliggende uitgangspunten**

De volgende redeneerlijnen zijn uitgewerkt om de werking van deze waterbergende gebieden richting de toekomst zeker te stellen:

### Redeneerlijn 1a: Toegestane waterstandsverhoging < 1mm

Omdat ontwikkelingen in gebieden met een bergende functie van invloed kunnen zijn op hoogwaterstanden op de Maas verder benedenstrooms lijkt het ons verdedigbaar om qua regelgeving naar de Beleidslijn Grote Rivieren (BGR) en de nadere uitwerking hiervan in het Rivierkundig Beoordelingskader (RBK) te kijken. Dat impliceert dat qua begrenzing van de toegestane waterstandsverhoging wordt aangesloten op de grens van 1 mm uit het RBK.

Bij deze begrenzing valt echter een aantal kanttekeningen te plaatsen:

- Deze eis geldt voor alle ontwikkelingen gedurende de komende decennia, in beide gebieden samen. Dit leidt tot een relatief strenge eis.
- Echter, het feit dat gebieden met een waterbergende functie niet alleen een lokaal effect hebben, maar effect hebben op alle benedenstroomse riviertrajecten, kan een relatief strenge eis rechtvaardigen.
- Indien wordt aangesloten bij de BGR en het RBK dan kan men een groter effect toestaan mits dit duurzaam gecompenseerd wordt. Daarbij moet de compenserende maatregel eveneens langs het hele stroomafwaartse deel van de Maas effect hebben.

Deze redeneerlijn heeft een aantal nadelen:

- Indien toegepast op ieder gebied afzonderlijk, dan leidt dit tot een relatief kleine gebiedsontwikkelruimte voor gebieden met een groot volume en een groot waterstandseffect, terwijl gebieden met een kleiner volume en een evenredig kleiner effect juist relatief veel ontwikkelruimte krijgen. Dit kan als 'oneerlijk' worden ervaren.
- Het is relatief ingewikkeld om deze 1 mm grens om te rekenen naar een toegestane afname van het bergingsvolume en het aantal bij te bouwen woningen (er is een aanname nodig over de relatie tussen bergingsvolume en waterstandseffect, en er moet goed worden vast gelegd bij welke afvoer(en) en golfvorm(en) en met welke modellen het effect bepaald moet worden).

### Redeneerlijn 1b: Toegestane afname bergingsvolume 1%

Deze redeneerlijn kent een aantal voordelen:

- Leidt tot een gevoelsmatig 'eerlijker' verdeling tussen waterbergende gebieden.
- De 1%-regel geldt voor ieder gebied afzonderlijk. Dit voorkomt problemen met de verdeling van de ontwikkelruimte tussen de verschillende gebieden.
- De regel is eenvoudig toepasbaar, want er is geen aanname nodig over de relatie tussen het bergingsvolume en het waterstandseffect.

Onzekerheden in het berekende waterstandseffect hebben geen invloed op de toegestane gebiedsontwikkeling. Echter, ook voor het volume geldt dat dit varieert met de piekafvoer en piekwaterstand op de Maas. Ook voor deze redeneerlijn zou dus goed moeten worden vastgelegd bij welke Maasafvoer het volume bepaald moet worden. Overwogen kan worden om het volume niet te bepalen op basis van hydraulische berekeningen, maar op basis van een GIS-analyse, waarbij wordt aangenomen dat het gebied volloopt totdat de waterstand gelijk is aan de hoogte van de kering.

### Redeneerlijn 2: Schadepotentieel als criterium

Deze redeneerlijn is er op gericht om toename van het schadepotentieel te beperken en om daarmee te voorkomen dat dit aanleiding geeft de beschermingsnorm te verhogen.

Echter, een strengere norm is vooral nadelig wanneer dijktrajecten benedenstrooms in de toekomst geen strengere norm krijgen. Het gaat dus om verhoging van de beschermingsnorm ten opzichte van beschermingsnormen benedenstrooms. Als alle benedenstrooms gelegen keringen ook een strengere norm krijgen, dan zou een latere instroom (overstroming) van de gebieden mogelijk zelfs effectief kunnen zijn (niet onderzocht).

Voor deze redeneerlijn zijn drie varianten verkend:

- 1 rekenkundig aanwezige ruimte conform de maatschappelijke kostenbatenanalyse (MKBA) die is uitgevoerd door het Deltaprogramma Veiligheid (DPV)
- 2 factor 2 grotere schade
- 3 factor 3 grotere schade

De eerste variant is de enige waarbij zeker geen sprake is van normaanscherping. De tweede variant biedt geen garantie op het voorkomen van normaanscherping (afhankelijk van de beginwaarde kan bij een factor 2 hogere schade toch sprake zijn van een strengere norm). Bij de derde variant is vrijwel zeker sprake van aanscherping van de norm. Deze laatste variant wordt om die reden afgeraden.

De eerste variant heeft als nadeel dat dijkeringen ongelijk behandeld worden. Dijkeringen met een optimale overstromingskans onderin de bandbreedte van een normklasse krijgen veel gebiedsontwikkelruimte. Daar tegenover staan dijkeringen met een optimale overstromingskans bovenin de normklasse (d.w.z. dicht tegen de bovenkant van de klassegrens aan). Die krijgen verhoudingsgewijs een kleinere ontwikkelruimte. Dit kan als niet eerlijk worden gevoeld, maar hierbij wordt wel feitelijk naar de grens tussen de normklassen gekeken. Op het moment dat wordt gekozen voor een maximaal toelaatbare toename van de schade met een factor 2 of factor 3, dan leidt dat bij een aantal gebieden tot een strengere norm. De gebieden Thorn-Wessem en Lob van Gennep zitten beiden niet helemaal aan de bovenkant van de normklasse. Een toename van de schade met een factor 2 leidt hier nog niet tot een strengere norm. Bij een toename van de schade met een factor 3 is dat echter wel het geval.

#### **Indicatie gebiedsontwikkelruimte**

Toepassing van de verschillende redeneerlijnen op de Lob van Gennep en Thorn-Wessem levert het volgende beeld op qua gebiedsontwikkelruimte. Het betreft indicatieve berekeningen die kunnen veranderen, bijvoorbeeld wanneer wordt gerekend met nauwkeuriger bepaalde waarden voor bergingsvolumes, waterdieptes of waterstandseffecten.

Tabel 1 toont de berekende bergingsvolumes in de Lob van Gennep en Thorn-Wessem, uitgaande van een waterstand binnendijs gelijk aan het laagste punt in de waterkering (NAP +13,6 m in Lob van Gennep en NAP +24,1 m in Thorn-Wessem). Naast het totale volume, is ook aan gegeven hoeveel water er geborgen wordt in de huidige BGR gebieden (bergend regime en uitzonderingsgebied) en gebieden die nu niet onder de BGR vallen. Daarnaast is te zien hoeveel het bergingsvolume af mag nemen volgens de redeneerlijn die uitgaat van een maximaal toelaatbare waterstandsvaling.

Tabel 1 Voorziene bergingsvolumes en maximaal toelaatbare afname van het bergingsvolume (in miljoen m<sup>3</sup>) in de Lob van Gennep en Thorn-Wessem, uitgaande van een waterstand binnendijks gelijk aan het laagste punt in de waterkering (NAP+13,6m in Lob van Gennep en NAP+24,1m in Thorn-Wessem)

Gebied	Bergingsvolume (mln m <sup>3</sup> )				Maximaal toelaatbare afname van het bergingsvolume (mln m <sup>3</sup> )			
					bij < 1mm waterstandsstijging		bij 1% verlies aan bergingsvolume	
	Totaal over-stroomd gebied	BGR bergend	BGR uitzondering	Geen BGR	Totaal over-stroomd gebied	BGR bergend	Totaal	BGR bergend
<b>Lob van Gennep</b>	33.0	29.7	1.8	1.4	0.47	0.42	0.33	0.30
<b>Thorn-Wessem</b>	4.0	3.7	0.2	0.1	0.13	0.12	0.04	0.04

Tabel 2 toont het maximaal te bouwen aantal huizen dat berekend is op basis van de volumes in Tabel 1, uitgaande van een vloeroppervlak van 100 m<sup>2</sup> per woning en de gemiddelde waterdiepte in het gebied. Indien wordt uit gegaan van een maximaal toelaatbare waterstandsstijging van 1 mm mogen 2500 tot ruim 3000 woningen worden gebouwd in de Lob van Gennep en ongeveer 900 in Thorn-Wessem. Hierbij is aangenomen dat beide gebieden afzonderlijk tot deze waterstandsstijging mogen leiden, omdat de effecten bij verschillende afvoeren merkbaar en van belang zijn.

Wanneer wordt uit gegaan van een maximaal toelaatbaar verlies aan bergingsvolume van 1%, dan mogen 1750 tot 2130 huizen worden gebouwd in Lob van Gennep en 260 tot 280 bij Thorn-Wessem, afhankelijk of je kijkt naar alleen de gebieden die nu onder de BGR vallen (eerste waarde), of naar het totale overstroombare gebied (tweede waarde).

Tabel 2 Maximaal te bouwen aantal huizen in de Lob van Gennep en Thorn-Wessem, uitgaande van < 1mm waterstandsstijging of 1% afname van het bergingsvolume

	1mm waterstandsvaling		1% bergingsvolume	
	Totaal	BGR bergend	Totaal	BGR bergend
<b>Lob van Gennep</b>	3041*	2496*	2129	1747
<b>Thorn-Wessem</b>	952*	881*	286	264

\* Aangenomen dat ontwikkelingen in ieder gebied afzonderlijk tot 1 mm waterstandsstijging mogen leiden

Tabel 3 toont het aantal huizen dat maximaal bij gebouwd kan worden op basis van een maximaal toelaatbare toename van de schade. De tabel toont de toelaatbare overstromingskans zoals berekend door Deltaprogramma Veiligheid op basis van de MKBA (1/1300 voor Lob van Gennep en 1/400 voor Thorn-Wessem) en de maximaal toelaatbare groei wanneer wordt uit gegaan van een overgang naar een strengere normklasse bij 1/3000 voor Lob van Gennep en 1/1000 voor Thorn-Wessem. Wanneer daarentegen uit zou worden gegaan van een aangenomen generieke toelaatbare toename van de schade met een factor 2, dan is het maximaal bij te bouwen aantal woningen iets kleiner (ongeveer 2900 in Lob van Gennep en 365 in Thorn-Wessem).

Tabel 3 Maximaal te bouwen aantal huizen in de Lob van Gennep en Thorn-Wessem op basis van maximaal toelaatbare toename van de schade

Gebied	Signaleringswaarden			Schaderuimte (M€)	Maximale groei aantal huizen incl. autonome ontwikkeling
	Van	Naar	Factor		
Lob van Gennep	1/1300	1/3000	2,3	193 M€	3600
Thorn-Wessem	1/400	1/1000	2,5	25 M€	490

Hoewel het aantal berekende huizen per redeneerlijn verschilt, kan wel worden gesteld dat de aantallen qua orde van grootte vergelijkbaar zijn (paar duizend woningen in de Lob van Gennep en een paar honderd woningen in Thorn-Wessem). Verder kan worden geconcludeerd dat voor de hier onderzochte dijkkringen de begrenzing op basis van een maximale afname van het bergingsvolume met 1% maatgevend is ten opzichte een begrenzing op basis van de maximaal toelaatbare toename van het schadepotentieel.

# Inhoud

	<b>Samenvatting</b>	<b>4</b>
<b>1</b>	<b>Inleiding</b>	<b>11</b>
1.1	Achtergrond	11
1.2	Deze studie	11
1.3	Dit rapport	12
<b>2</b>	<b>Reflectie op de redeneerlijn</b>	<b>13</b>
2.1	Algemene beschouwing	13
2.2	Toegestane waterstandsverhoging < 1 mm	14
2.3	Toegestane afname bergingsvolume < 1%	16
2.4	Schadepotentieel als criterium	17
<b>3</b>	<b>Technisch-inhoudelijke uitgangspunten bij de uitgevoerde berekeningen</b>	<b>19</b>
3.1	Inleiding	19
3.2	Achtergronden bij bepaling waterstandseffecten en bergingsvolume	19
3.2.1	Bepaling waterstandseffecten	19
3.2.2	Bepaling bergingsvolume	20
3.2.3	Omrekening naar aantal te bouwen woningen	22
3.3	Achtergronden schade- en normberekeningen	22
3.3.1	Afleiding van het economisch optimale beschermingsniveau	22
3.3.2	Klassegrenzen	23
3.3.3	Schadebepaling met HIS-SSM	23
<b>4</b>	<b>Gebiedsontwikkelruimte Lob van Gennepe</b>	<b>26</b>
4.1	Toegestane waterstandsverhoging <1 mm	26
4.2	Toegestane afname bergingsvolume 1%	26
4.3	Schadepotentieel als criterium	27
4.3.1	Beschouwde situaties	27
4.3.2	Autonome ontwikkeling waarmee al rekening is gehouden in de normering	28
4.3.3	Extra woningen bij gebruik resterende schaderuimte	29
<b>5</b>	<b>Gebiedsontwikkelruimte Thorn-Wessem</b>	<b>32</b>
5.1	Toegestane waterstandsverhoging <1 mm	32
5.2	Toegestane afname bergingsvolume 1%	32
5.3	Schadepotentieel als criterium	33
5.3.1	Beschouwde situaties	33
5.3.2	Autonome ontwikkeling waarmee al rekening is gehouden in de normering	33
5.3.3	Extra woningen bij gebruik resterende schaderuimte	34
<b>6</b>	<b>Conclusies en aanbevelingen</b>	<b>36</b>



<b>7</b>	<b>Referenties</b>	<b>38</b>
<b>A</b>	<b>Oppervlaktes en volumes Lob van Gennep</b>	<b>39</b>
<b>B</b>	<b>Oppervlaktes en volumes Thorn-Wessem</b>	<b>45</b>
<b>C</b>	<b>Deelgebieden Lob van Gennep en Thorn-Wessem</b>	<b>49</b>
<b>D</b>	<b>Toepassing van de redeneerlijn “toegestane waterstandsverhoging &lt; 1mm” op meerdere gebieden samen</b>	<b>52</b>

# 1 Inleiding

## 1.1 Achtergrond

In de kamerbrief van 18 juni 2020 heeft de Minister van Infrastructuur en Waterstaat een besluit genomen over de beleidsuitwerking voor het laten vervallen van de status rivierbed achter primaire waterkeringen in de Maasvallei:

*“Zodra een dijk veilig is, dat wil zeggen aan de huidige norm voldoet, en zo nodig is verlegd, vervalt de status rivierbed in het achterliggende binnendijkse gebied. Daarmee is er ook geen reden meer voor uitsluiting van de toepassing van de Wet tegemoetkoming schade bij rampen voor activiteiten vanaf 19 april 1996 en daarom ben ik voornemens deze te laten vervallen.”*

Aanvullend heeft de Minister voor de waterbergende gebieden Thorn-Wessem en de Lob van Gennep het volgende besloten:

*“Deze lijn geldt ook voor Thorn-Wessem en de Lob van Gennep. Die gebieden maken we veiliger, maar ze houden eveneens een waterbergende functie die van belang is voor het hele Maassysteem. In het bestuurlijk overleg met de bestuurlijke partners uit de Maas is afgesproken om daar te werken met een aangepast regime van begrensde gebiedsontwikkelruimte in plaats van een individuele vergunningplicht”.*

Met het begrenzen van de gebiedsontwikkelruimte wordt voorkomen dat grootschalige ontwikkelingen plaatsvinden die de waterbergingsfunctie belemmeren.

In het najaar van 2020 is gestart met het invulling geven aan de idee van begrensde gebiedsontwikkelruimte. Deze uitwerking gebeurt in afstemming met het gebied en Stuurgroep Deltaprogramma Maas (SDM). Daarbij is een rol voor het rijk bij de langjarige borging van afspraken belangrijk. Nu de status rivierbed wordt losgelaten, vraagt dat om een nog uit te werken instrument voor het rijk, dat aan het gebied meer ruimte biedt dan nu.

In het najaar van 2020 is door een werkgroep met rijk en regio gewerkt aan een concrete invulling van deze beleidsuitwerking voor de waterbergende gebieden Thorn-Wessem en Lob van Gennep. Daarbij is een redeneerlijn opgesteld om de ontwikkelruimte per gebied te bepalen. Op basis van deze redeneerlijn is vervolgens door de werkgroep een eerste verkenning uitgevoerd naar de gebiedsontwikkelruimte Lob van Gennep.

## 1.2 Deze studie

Deltares is gevraagd om:

- Te reflecteren op de redeneerlijnen zoals voorgesteld door de opdrachtgever (Ministerie van IenW en RWS-WVL);
- Te beoordelen of de voorgestelde uitgangspunten correct zijn;
- De gebiedsontwikkelruimte voor zowel Lob van Gennep als Thorn Wessem conform de redeneerlijnen te berekenen.

Deze opdracht is dus gericht op de technische aspecten achter de vraag welke voorwaarden er moeten worden gesteld aan lokale gebiedsontwikkelingen ter borging van de waterbergende functie en een robuust riviersysteem. Juridische en/of politieke aspecten vallen buiten deze beschouwing.

## 1.3 Dit rapport

Dit rapport geeft een beschouwing op de voorgestelde methode om de gebiedsontwikkelruimte te bepalen voor gebieden in de Maasvallei met een waterbergende functie die van belang is voor het Maassysteem. Na deze inleiding gaan we in hoofdstuk 2 in op de door rijk en regio voorgestelde redeneerlijn. In hoofdstuk 3 gaan we in op de uitgangspunten die gehanteerd zijn bij het uitvoeren van de berekeningen. De gebiedsontwikkelruimte die is berekend voor de Lob van Gennep wordt gerapporteerd in hoofdstuk 4. De berekeningen voor Thorn Wesseem zijn beschreven in hoofdstuk 5. Hoofdstuk 6 benoemt een aantal discussiepunten. De belangrijkste conclusies zijn te vinden in hoofdstuk 7.

## 2 Reflectie op de redeneerlijn

### 2.1 Algemene beschouwing

De vraag hoeveel ontwikkelruimte kan worden toegekend aan gebieden met een waterbergende functie is in essentie een ethisch vraagstuk. Eén van de doelen van het Deltaprogramma is om Nederland geleidelijk duurzamer te maken. Dat betekent dat de voorkeur uitgaat naar klimaatrobuuste ontwikkelingen en dat een toename van de kwetsbaarheid voor overstromingen dient te worden voorkomen. Vanuit dat oogpunt zouden in het stroomvoerende, danwel bergende gebied van de grote rivieren helemaal geen ontwikkelingen moeten worden toegestaan die effect hebben op de waterstand of die de gevolgen (schade of slachtoffers) in geval van overstromen doen toenemen. Dat laatste geldt echter net zo goed voor binnendijkse gebieden zonder waterbergende functie. Als we zouden willen voorkomen dat de kwetsbaarheid van Nederland toeneemt, dan zou men niet meer ‘traditioneel’ moeten bouwen in gebieden langs o.a. de grote rivieren en langs de kust die potentieel kunnen overstromen. Aangepast bouwen (drijvend, amfibisch, op palen, etc.), of in ieder geval schadeneutraal, zou dan een optie kunnen zijn voor nieuwe ontwikkelingen. We beseffen echter dat dit geen realistische ambitie is en dat het daarom noodzakelijk is om na te denken over de vraag hoeveel ontwikkelingen dan wel toelaatbaar zijn.

De Lob van Gennep en Thorn-Wessem vallen nu nog onder de Beleidslijn grote rivieren (BGR). Echter, wanneer de waterkeringen die deze gebieden beschermen versterkt zijn en aan de norm voldoen, dan komt deze status te vervallen. Omdat de gebieden wel een waterbergende functie houden, die van belang is voor het hele stroomafwaartse Maassysteem, is besloten om in deze gebieden te werken met een nieuw beleidsregime van begrensde gebiedsontwikkelruimte. De BGR is dan niet langer van toepassing. Omdat ontwikkelingen in deze gebieden van invloed zijn op de hoogwaterstanden op de Maas is het verdedigbaar om qua regelgeving wel naar de BGR te kijken.

Uitgangspunt van de BGR is dat er geen waterstandsverhoging mag plaatsvinden of dat eventuele opstuwing duurzaam gecompenseerd moet worden. In het Rivierkundig Beoordelingskader (RBK) is dit vertaald naar maximaal 1 mm waterstandsverhoging (zie ook hoofdstuk 2.2). Deze begrenzing zou men ook toe kunnen passen op gebieden met een waterbergende functie. In hoofdstuk 2.2 gaan we hier dieper op in.

In de BGR wordt gesproken over duurzame compensatie van waterstandsverhoging. Indien men deze regel ook toe wil passen op Thorn-Wessem en Lob van Gennep, dan dient men er rekening mee te houden dat compensatie nodig is langs de gehele benedenstrooms gelegen rivier (in het geval van de Lob van Gennep de gehele bedijkte Maas). Dat kan dan niet door het graven van bijvoorbeeld een nevengeul, omdat zo'n soort maatregel alleen lokaal effect heeft. Het komt er daarom op neer dat de verloren gegane bergingscapaciteit binnen het gebied zelf moet worden gecompenseerd, bijvoorbeeld door een deel van het gebied af te graven.

Bij alle redeneerlijnen (zowel de redeneerlijnen die betrekking hebben op een afname van het bergingsvolume als de redeneerlijnen die betrekking hebben op een toename van de schade) wordt de redeneerlijn toegepast op het hele gebied dat potentieel kan overstromen, waarbij in tweede instantie een uitsnede is gemaakt voor het oude BGR-gebied met bergend regime. Bij de redeneerlijnen die samenhangen met een verandering in bergingsvolume zal het effect van het niet meenemen van overstroombare gebieden die nu buiten de BGR vallen relatief beperkt zijn.

Dit gebied zal immers maar een relatief klein deel van het totale bergingsvolume uitmaken. Bij de redeneerlijn die samenhangt met een verandering in de schade kan dit tot grotere verschillen leiden. Dit komt doordat een relatief groot deel van de schade optreedt in gebieden die nu niet onder de BGR vallen.

## 2.2 Toegestane waterstandsverhoging < 1 mm

### Achtergrond redeneerlijn

Na de hoogwaters van 1993 en 1995 werd duidelijk hoe belangrijk het is om de rivieren Rijn en Maas voldoende ruimte te geven en te voorkomen dat bestaande ruimte verloren gaat. Dit heeft geresulteerd in het programma Ruimte voor de Rivier en in 1996 in de Beleidslijn ruimte voor de rivier. Deze beleidslijn voorziet in een afweging ten aanzien van ruimtelijke ingrepen in het rivierbed om na te gaan of activiteiten, zoals bouwen, wonen, werken en recreatie, wel toelaatbaar zijn. Er vindt een beoordeling plaats of deze activiteiten niet leiden tot verhoging van de waterstanden.

In 2006 is de Beleidslijn grote rivieren (BGR) vastgesteld. Deze beleidslijn betreft een herziening van de Beleidslijn ruimte voor de rivier. Het uitgangspunt van de BGR is het waarborgen van een veilige afvoer en berging van rivierwater onder normale en onder 'maatgevende' omstandigheden. Voor de BGR gelden twee concrete doelstellingen:

- 1 Behoud van de beschikbare afvoer- en bergingscapaciteit van het rivierbed; en
- 2 Ontwikkelingen tegengaan die de mogelijkheid tot rivierverruiming nu en in de toekomst feitelijk onmogelijk maken.

Om deze doelstellingen te waarborgen en nader te concretiseren is het Rivierkundig beoordelingskader opgesteld (RBK). Het RBK beschrijft de rivierkundige beoordelingsaspecten en criteria voor de beoordeling van een aanvraag van een Waterwetvergunning of de beoordeling van een projectplan Waterwet. Concreet komt het er op neer dat een vergunning moet worden aangevraagd voor alle ontwikkelingen in en langs de rivier. Bij het verlenen van de vergunning wordt getoetst of en in welke mate de voorgestelde ontwikkeling resulteert in hogere waterstanden (nadelig voor hoogwaterveiligheid), hinder of schade door hydraulische effecten en/of in nadelige morfologische effecten. Of sprake is van waterstandsverhoging wordt bepaald met hydraulische modelberekeningen.

Vanwege mogelijke onnauwkeurigheden in modelberekeningen wordt bij de beoordeling van berekende waterstandsverschillen een marge van 1 mm gehanteerd. Dit betekent dat een berekende waterstandsverhoging tot 1 mm in de as van de rivier wordt geaccepteerd. In het RBK wordt terecht opgemerkt dat de onzekerheid in modeluitkomsten betreffende absolute waterstanden veel groter is dan 1 mm, maar dat de nauwkeurigheid bij een *verschilanalyse* veel groter is dan bij het berekenen van een absolute waterstand.

### Voordelen

In de huidige redeneerlijn voor beperking van de gebiedsontwikkelruimte wordt aangesloten bij de in het RBK toegestane waterstandsverhoging van 1 mm. Dit heeft als voordeel dat voor alle ontwikkelingen met een mogelijke invloed op hoogwaterstanden dezelfde maatlat geldt. Het is een herkenbaar getal.

## Nadelen

Deze redeneerlijn heeft ook een aantal nadelen:

- Indien toegepast op ieder gebied afzonderlijk, dan leidt dit tot een relatief kleine gebiedsontwikkelruimte voor bergingsgebieden met een groot volume en een evenredig groot waterstandseffect, terwijl gebieden met een kleiner volume en een evenredig kleiner effect juist veel ontwikkelruimte krijgen (dit blijkt ook uit de principeberekeringen in hoofdstuk 4 en 5 en Bijlage D). Dit kan als 'oneerlijk' worden ervaren.
- Het is relatief ingewikkeld om deze grens om te rekenen naar een maximaal toegestaan aantal woningen. Dit komt doordat een aanneme nodig is over de relatie tussen het bergingsvolume en het waterstandseffect. Bovendien verschilt het effect afhankelijk van de piekafvoer en de golfvorm. Afhankelijk van de afvoer of de golfvorm waar men naar kijkt, kan dit een ander aantal woningen opleveren. We gaan hier in het volgende hoofdstuk nader op in.

## Aandachtspunten

In het geval van een gebied met een bergende functie, zoals de Lob van Gennep, gelden echter ook de volgende aandachtspunten:

- 1 De eis van <1 mm waterstandsverhoging geldt in het RBK per gebiedsontwikkeling waarvoor een vergunning wordt aangevraagd. In de redeneerlijn die is opgesteld voor de gebieden met een waterbergende functie langs de Maas die deel uitmaken van de zogenaamde systeemwerkingsmaatregelen, geldt de eis voor alle ontwikkelingen in de betreffende gebieden tezamen. Met andere woorden, wanneer sprake is van ontwikkelingen in het winterbed van de Maas nabij Gennep en nabij Thorn, dan zouden dit normaliter afzonderlijke vergunningaanvragen zijn. Dat is in de voorgestelde redeneerlijn niet het geval. *Dat leidt tot een relatief strenge eis.*
- 2 De meeste ontwikkelingen in buitendijks gebied leiden alleen tot een lokale waterstandsverhoging. Een afname van de bergingscapaciteit in de Lob van Gennep en Thorn-Wessem leidt echter tot waterstandsverhoging langs de gehele Bedijkte Maas. *Het feit dat gebieden met een waterbergende functie niet alleen een lokaal effect hebben, maar effect hebben op alle benedenstroomse riviertrajecten, kan een relatief strenge eis rechtvaardigen.*
- 3 De eis van 1 mm hangt samen met de nauwkeurigheid waarmee verschilberekeringen kunnen worden uitgevoerd. Verschilberekeringen worden ook gebruikt om de waterstandsdeling van rivierverruimingsmaatregelen te bepalen. Dergelijke berekeningen liggen ook ten grondslag aan de effectbepaling voor de Lob van Gennep. Echter, de onzekerheid rond het waterstandseffect van de Lob van Gennep hangt maar voor een klein deel samen met de nauwkeurigheid van de modelberekeringen en veel meer met de gevoeligheid van dit type maatregel voor onzekerheden over de duur van het hoogwater (ofwel de vorm van de afvoergolf) en het wel of niet kunnen sturen van de inlaat in combinatie met het aantal dagen waarover de afvoer nauwkeurig kan worden voorspeld. Met andere woorden: de nauwkeurigheid waarmee het effect van een waterbergingsgebied kan worden bepaald is veel kleiner dan die waarmee het effect van andere typen rivierverruimingsmaatregelen wordt bepaald. Wij denken dat het desondanks goed is om vast te houden aan de grens van 1 mm. De belangrijkste argumenten hiervoor zijn 1) dat ergens een grens getrokken moet worden en 2) dat het hierbij van belang is dat iedereen gelijk wordt behandeld (in dit geval gelijke regelgeving voor gebieden waar ontwikkelingen van invloed kunnen zijn op hoogwaterstanden op de rivier, ongeacht of sprake is van een gebied met een aangepast regime van begrensde gebieds-ontwikkelruimte, of een gebied waarvoor een individuele vergunningplicht conform de BGR geldt).

- 4 De betrokkenen vanuit de provincie en gemeente dienen na te denken over de vraag hoe om te gaan met nieuwe initiatieven. Stel dat een projectontwikkelaar in 2025 met een woningbouwplan komt voor Thorn-Wessem, dan heeft goedkeuring van dat plan gevolgen voor wat er daarna elders nog kan worden gehonoreerd.

Bij het omrekenen van een toelaatbare waterstandstijging naar een acceptabele afname van het bergingsvolume is in de door de werkgroep uitgevoerde verkenning uitgegaan van een lineaire relatie. Deze aanname is waarschijnlijk niet helemaal correct. We kunnen ons echter vinden in het standpunt dat de methode niet onnodig complex moet worden gemaakt en dat deze aanname daarom voor dit doel acceptabel is.

Het is bekend dat het effect van een bergingsgebied sterk afhankelijk is van de piekafvoer en de golfvorm. Dit blijkt bijvoorbeeld uit de studie naar topvervlakking op de Maas (De Jong en Asselman, 2019), maar ook uit de berekeningen die HKV heeft uitgevoerd voor de Lob van Gennep (Barneveld en Da Silva, 2020). De keuze van piekafvoer en golfvorm waarbij het effect bepaald werkt één op één door op het aantal te bouwen huizen. Wanneer het effect bepaald wordt bij een andere piekafvoer of een andere golfvorm, zal dit tot een ander aantal huizen leiden. Het is dus zeer belangrijk om goed vast te leggen bij welke afvoer(en) en bij welke golfvorm(en) het effect bepaald dient te worden.

### **Conclusie**

Begrenzing van de gebiedsontwikkelruimte op basis van een maximaal toegestane waterstandsverhoging van 1 mm heeft als voordeel dat wordt aangesloten op het RBK. Nadelen zijn dat de redeneerlijn relatief ingewikkeld is, omdat een aanname nodig is over de relatie tussen het bergingsvolume en het waterstandseffect en dat het resulterende aantal huizen niet afhankelijk is van het bergingsvolume. De redeneerlijn kan er toe leiden dat in gebieden met een klein bergingsvolume meer huizen mogen worden gebouwd dan in gebieden met een groot bergingsvolume.

## **2.3 Toegestane afname bergingsvolume < 1%**

Om het beoogde effect van een gebied met een waterbergende functie te garanderen is een verwaarloosbare afname van het beoogde bergend volume toegestaan. In deze alternatieve redeneerlijn is uitgegaan van een toegestane afname van het bergingsvolume van maximaal 1%.

### **Voordelen**

Het voordeel van deze redeneerlijn is dat geen aannamen nodig zijn over de relatie tussen bergingsvolume en waterstandseffect. Dat maakt de regel eenvoudiger toepasbaar. Voor de Lob van Gennep geldt bovendien dat blijkens berekeningen die zijn uitgevoerd voor deze studie (zie hoofdstuk 4) het toestaan van 1% afname van het bergingsvolume leidt tot ongeveer 1 mm waterstandsstijging. Afhankelijk van de Maasafvoer die beschouwd wordt en het alternatief dat onderzocht wordt, bedraagt het bergingsvolume van de Lob van Gennep 38 danwel 47 miljoen m<sup>3</sup>. Het gemiddelde waterstandseffect langs de bedijkte Maas dat hierbij hoort is respectievelijk 7 cm en 16 cm (Barneveld en Da Silva, 2020). Omgerekend komt 1 mm waterstandsstijging neer op een afname van het bergingsvolume met 0,29 tot 0,54 miljoen m<sup>3</sup>. Het voorgestelde percentage van 1% zit daar dus tussenin (0,38 miljoen m<sup>3</sup>).

Een ander voordeel van deze redeneerlijn is dat voor ieder gebied afzonderlijk meteen duidelijk is hoeveel er maximaal bij gebouwd mag worden, namelijk 1% van bergingsvolume van het betreffende gebied.

## Nadelen

Een nadeel blijft dat ook voor het volumecriterium geldt dat het bergingsvolume varieert met de piekafvoer. Ook voor deze redeneerlijn moet dus goed worden vastgelegd bij welke afvoer het volume bepaald moet worden. Een eenvoudiger mogelijkheid is om uit te gaan van het volume water dat maximaal geborgen kan worden tot de hoogte van de waterkering wordt bereikt (men neemt dan aan dat de waterstand in het hele gebied gelijk wordt aan het laagste punt in de kering). Uit principeberekeringen (hoofdstuk 4 en 5) blijkt dat dit tot vergelijkbare resultaten leidt.

## Conclusie

Samengevat komt het er op neer dat een begrenzing op basis van 1% verlies aan bergingsvolume de volgende voordelen heeft ten opzichte van begrenzing op basis van een maximaal toegestane waterstandsverhoging:

- Er zijn geen aannames of hydraulische berekeningen bij verschillende afvoeren en golfvormen nodig om een afname van de waterstandsval te vertalen naar een afname van het bergingsvolume, dat maakt deze redeneerlijn eenvoudiger toepasbaar;
- Gebieden met een groot waterstandsverlagend effect worden niet 'gestraft' met een relatief kleine gebiedsontwikkelruimte, dat maakt dat deze redeneerlijn leidt tot een meer gelijke behandeling van de afzonderlijke gebieden;
- Uit de redeneerlijn volgt direct hoeveel verlies aan bergingsvolume door woningbouw acceptabel is, er zijn dus geen aanvullende onderhandelingen tussen gemeenten nodig.

## 2.4 Schadepotentieel als criterium

De waterveiligheidsnormen in Nederland zijn gebaseerd op het principe van basisveiligheid voor iedereen en op een afweging van maatschappelijke kosten en baten. De waterveiligheidsnorm is hierdoor strenger naarmate overstromingen grotere economische en maatschappelijke gevolgen kunnen hebben. Nieuwe ontwikkelingen in gebieden hebben tot gevolg dat ook de potentiële schade die optreedt bij een overstroming toeneemt. Dit kan aanleiding geven om de beschermingsnorm te herzien. Een hogere beschermingsnorm betekent hogere dijken, waarbij pas bij hogere rivierafvoeren overstroming zal plaatsvinden. Voor gebieden als de Lob van Gennep en Thorn-Wessem zou een hogere norm op die manier betekenen dat ook de waterbergende werking voor het Maassysteem wijzigt; het waterstandsverlagend effect treedt pas op bij nog hogere Maasafvoeren. Dit kan gevolgen hebben voor de benodigde dijkhoogtes stroomafwaarts. De vraag die voorligt is of het nodig is voorwaarden te stellen aan ontwikkelingen in de gebieden met een waterbergende functie voor het Maassysteem, om te voorkomen dat stroomafwaartse waterstandseffecten teniet gedaan worden als gevolg van een normaanpassing van deze gebieden.

Deltares heeft vaker de vraag gekregen wat de ontwikkelruimte is in dijkringen voordat de norm zou moeten worden aangescherpt. Het lijkt ons echter in het algemeen niet wenselijk dat gebieden die potentieel kunnen overstroomd zo ver worden volgebouwd dat de ruimte die er binnen de huidige norm is wordt opgevuld/ opgesoupeerd<sup>2</sup>. De voorkeur gaat daarom uit naar het voorkomen van een verdere toename van de kwetsbaarheid door niet, of aangepast, te bouwen. Dit laatste zou ook in gebieden met een waterbergende functie kunnen. Door bijvoorbeeld drijvend te bouwen gaat geen bergingsvolume verloren en treedt ook geen schade op in geval van overstromen.

---

<sup>2</sup> Dit is een beleidsmatig vraagstuk, waar we als Deltares feitelijk geen oordeel over zouden moeten uitspreken, maar we wijzen er op dat het voorkomen van normopvulling ook voor veel andere typen normen geldt. Stel dat in een gebied de norm voor bodemverontreiniging nog niet wordt overschreden, dan mag dat geen reden zijn om daar chemicaliën te dumpen. Idem voor stikstofruimte, geluidshinder, e.d. Met andere woorden, de normen dienen niet te worden beschouwd als aanvaardbaar en daarom 'benutbaar' schadepotentieel, maar als een manier om maatschappelijk ongewenste ontwikkelingen te vermijden.



De toename van de schade in geval van overstromen is dus sterk afhankelijk van de manier waarop wordt gebouwd. Overwogen kan worden om hier iets over op te nemen in de regelgeving (d.w.z. wanneer *flood-proof* wordt gebouwd, zijn meer ontwikkelingen mogelijk).

Een tweede aandachtspunt bij deze redeneerlijn is dat een strengere norm voor de Lob van Gennep vooral nadelig is voor de waterveiligheid van stroomafwaarts gelegen dijktrajecten, wanneer de norm van deze dijktrajecten niet wordt aangescherpt. Wanneer alle dijktrajecten benedenstrooms van de Lob van Gennep een strengere norm krijgen als gevolg van de ontwikkelingen daar, dan zou een hoger beschermingsniveau voor de Lob van Gennep mogelijk zelfs positief kunnen uitpakken voor benedenstroomse gebieden. Of dit het geval is, is in het kader van deze opdracht niet nader onderzocht.

Wanneer de norm van een dijktraject vooral bepaald wordt door het LIR (Lokaal Individueel Risico, ook wel basisveiligheid genoemd) kan deze redeneerlijn leiden tot een grote ontwikkelruimte. Stel dat een beschermingsnorm van een gebied met waterbergende functie van 1:100 toereikend zou zijn op basis van de MKBA, maar dat een strengere norm is toegekend op basis van het LIR, dan kan zeer veel worden bijgebouwd voordat de op het LIR gebaseerde norm zou worden overschreden. De vraag is of dit wenselijk is. Opgemerkt wordt dat de beschermingsnorm voor de Lob van Gennep en Thorn-Wessem zijn gebaseerd op de MKBA en niet op het LIR. Hier speelt dit probleem dus niet.

Bij de uitwerking van deze redeneerlijn zijn door de opdrachtgever drie opties verkend, waarbij wordt uitgegaan van:

- 1 de rekenkundig aanwezige ruimte tussen de optimale overstromingskansen uit de MKBA en de volgende normklasse;
- 2 een factor 2 toename van de schade;
- 3 een factor 3 toename van de schade.

De eerste optie is de enige optie waarbij zeker geen sprake is van normaanscherping. Dat is een voordeel. Een nadeel van deze optie is dat verschillende dijkringen ongelijk behandeld worden. Dijkkringen waarvoor een optimale overstromingskans is bepaald met de MKBA die onder aan de normklasse zit, zijn al beloofd met een relatief hoog beschermingsniveau en krijgen nu ook nog de mogelijkheid om 'flink bij te bouwen'. Daar tegenover staan dijkringen waarvoor de optimale overstromingskans uitkomt op een waarde hoog binnen de normklasse (d.w.z. dicht tegen de bovenkant van de klassegrens aan). Zij krijgen verhoudingsgewijs een lager beschermingsniveau en worden nu ook nog 'gestraft' met een kleinere ontwikkelruimte.

Optie twee biedt geen garantie op het voorkomen van normaanscherping, maar leidt wel tot een gelijke behandeling van alle waterbergende gebieden.

Voor optie drie geldt hetzelfde. Echter, omdat het verschil tussen de normklassen steeds een factor 3 is, zal een toename van de schade met een factor 3 zeker leiden tot normaanscherping. Deze benadering wordt daarom afgeraden.

Wanneer gekozen wordt voor optie 1, is het belangrijk is om uit te gaan van de juiste normklassen en de juiste waarden waarboven sprake is van een strengere norm. Deze klasse-overgangen zijn voor de dijkringen in Limburg anders gekozen dan voor de dijkringen elders in Nederland. Hierop wordt nader in gegaan in hoofdstuk 3.

## 3 Technisch-inhoudelijke uitgangspunten bij de uitgevoerde berekeningen

### 3.1 Inleiding

In dit hoofdstuk gaan we in op de meer technisch inhoudelijk uitgangspunten die gehanteerd zijn bij de uitgevoerde berekeningen. Het gaat hierbij onder meer om het bepaalde waterstandseffect en het bergingsvolume en om de uitgangspunten die gehanteerd zijn om de maximaal toelaatbare toename van de schade te bepalen.

### 3.2 Achtergronden bij bepaling waterstandseffecten en bergingsvolume

#### 3.2.1 Bepaling waterstandseffecten

##### Lob van Gennepe

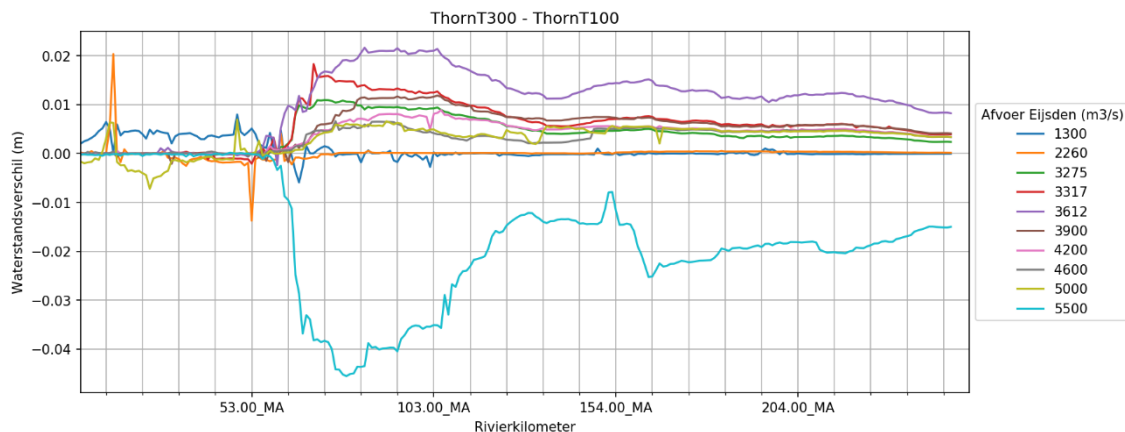
Uit het rapport van Barneveld en Da Silva (2020) blijkt dat de waterstands­daling die optreedt bij een afvoer van 5000 m<sup>3</sup>/s bij St Pieter ongeveer 7 cm bedraagt. Het maximum effect (8 cm waterstands­daling) treedt op bij een afvoer van 4800 m<sup>3</sup>/s (Tabel 3-1).

Tabel 3-1 Gemiddelde waterstands­daling (m) t.o.v. huidige situatie op traject km 165-240 voor de Lob van Gennepe, alternatief reguliere dijken (bron: Barneveld en da Silva, 2020)

Topafvoer St. Pieter (m <sup>3</sup> /s)	gemiddelde waterstands­daling (m) t.o.v. huidige situatie op traject km 165-240
4100	0.06
4500	0.09
4800	-0.08
5000	-0.07
5200	-0.04

##### Thorn-Wessem

Voor Thorn-Wessem was aan het begin van dit project geen informatie beschikbaar. Daarom is gebruik gemaakt van berekeningen die zijn uitgevoerd door J. de Jong (Deltares) aanvullende op de studie naar topvervlakking op de Maas (De Jong en Asselman, 2019). In die berekeningen is het effect echter niet bepaald ten opzichte van de huidige situatie (zoals HKV heeft gedaan voor de Lob van Gennepe, maar ten opzichte van een situatie waarin de dijken op reguliere wijze zouden worden verhoogd. De hoogte van de kering is bij Thorn als gebied met waterbergende functie gesteld op NAP +23,8 m. Voor de reguliere versterking is een hoogte aangenomen van NAP +24,85 m. De hoogtes zijn overgenomen uit een studie van HKV (2017). Uitgaande van deze berekeningen (Figuur 3-1) bedraagt het waterstands­verlagend effect maximaal 2 cm, bij een afvoer van 3600 m<sup>3</sup>/s. Bij andere afvoeren is het effect kleiner. Uit deze berekeningen is niet af te leiden wat het effect van Thorn-Wessem is ten opzichte van de huidige situatie.



Figuur 3-1 Verschil in waterstand wanneer Thorn-Wessem wordt ingericht als gebied met waterbergende functie (ThornT100) en als dijkkring met een reguliere dijkhoogte (ThornT300) (bron: J. de Jong, Deltares)

Later zijn aanvullende gegevens uit eerdere berekeningen voor Thorn-Wessem beschikbaar gesteld door RWS-WVL. Een presentatie van Witteveen & Bos en Arcadis vermeldt een maximale (lokale) waterstandsval van 4 cm. Een spreadsheet met berekeningen van verschillende varianten van de systeemwerkingsmaatregelen levert voor Thorn-Wessem de waterstandsval op zoals vermeld in Tabel 3-2. Er zijn 5 varianten verkend. De meeste varianten leiden tot een waterstandsval van ongeveer 2 tot 4 cm (4 cm nabij Thorn-Wessem, afnemend tot 2 cm voorbij rivierkilometer 130).

Tabel 3-2 Waterstandsverlaging (cm) bij verschillende piekafvoeren op de Maas, berekend voor Thorn-Wessem (spreadsheet beschikbaar gesteld door D. Kroekenstoel). Een effect van 2 tot 5 cm duidt op een lokaal effect van 5 cm dat stroomafwaarts afneemt tot 2 cm.

Variant Thorn-Wessem	Waterstandsverlaging (cm) bij verschillende piekafvoeren op de Maas			
	Q3612	Q3900	Q4000	Q4100
1	max 0.9		2 tot 4	
2 (drempel NAP+24,1m ~3900 m3/s)	max 0.8	2 tot 5	1.5 tot 4	
3 (drempel NAP+24,1m ~3900 m3/s)	max 0.5	2 tot 4	1 tot 3	
4 (drempel NAP+24,2m, ~4100 m3/s)				2 tot 4
5 (kering NAP+24,2m, ~4100 m3/s)				1.5 tot 3.5

### 3.2.2 Bepaling bergingsvolume

Het (verlies aan) bergend volume wordt bepaald voor het gehele gebied dat onderloopt, dus inclusief woonkernen en gebieden die formeel buiten het huidige winterbed vallen. Deze aanpak lijkt ons correct. In al deze gebieden kan bebouwing immers bijdragen aan een afname van het bergingsvolume.

#### Lob van Gennep

In het rapport van Barneveld en da Silva (2020) staat: “Bij zeer extreme situaties (kans kleiner dan 1/3.000 per jaar) zal de Lob van Gennep zowel in de huidige situatie als bij alle drie de alternatieven overstromen. Het gebied stroomt dan bijna volledig onder water. In het circa 26 km<sup>2</sup> grote gebied wordt in geval van zo'n overstroming maximaal circa 47 miljoen m<sup>3</sup> water tijdelijk geborgen.”

Het maximale bergingsvolume is volgens deze bron in deze situatie dus 47 miljoen m<sup>3</sup>. Er wordt echter opgemerkt dat de waterstanden bij het alternatief ‘reguliere dijken’ lager zijn dan bij het alternatief waarbij het maximale volume van toepassing is.

Niet vermeld is welk kleiner volume en overstromingsoppervlak bij het alternatief 'reguliere dijken' hoort. Het volume is bovendien afhankelijk van de Maasafvoer.

GIS-analyses die zijn uit gevoerd in het kader van deze studie, duiden op een kleiner oppervlak en bergingsvolume (zie Bijlage A en B voor een uitgebreide rapportage). Uitgaande van de door Barneveld en Da Silva (2020) berekende waterstanden komt het overstromd oppervlak uit op ongeveer 19 km<sup>2</sup> en een bergingsvolume van 27 miljoen m<sup>3</sup> (variant reguliere dijken, piekafvoer 4800 m<sup>3</sup>/s). Wanneer wordt uit gegaan van een waterstand in de Lob van Gennep die gelijk is aan het laagste punt in de primaire waterkering (NAP+13,6 m), dan komt het overstromd oppervlak uit op 21 km<sup>2</sup> en een volume van 33 miljoen m<sup>3</sup> (Tabel 3-3).

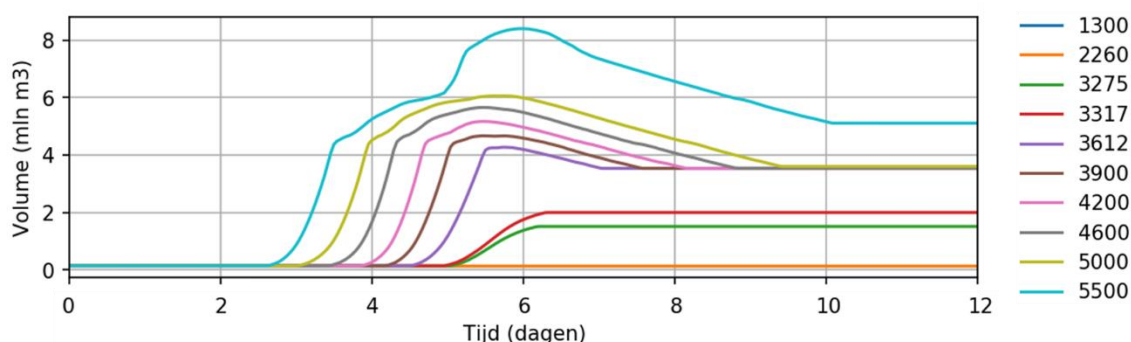
Tabel 3-3 Samenvattend overzicht overstromd oppervlak en bergingsvolume binnen de Lob van Gennep per type gebied uitgaande van modelberekeningen (Barneveld en da Silva, 2020) en GIS analyses (deze studie)

	4800 m <sup>3</sup> /s			NAP 13.6m		
	oppervlak (km <sup>2</sup> )	volume (mln m <sup>3</sup> )	gemiddelde diepte (m)	oppervlakte (km <sup>2</sup> )	volume (mln m <sup>3</sup> )	gemiddelde diepte (m)
<b>BGR bergend</b>	16.4	25.2	1.5	17.5	29.7	1.7
<b>Uitzonderingsgebied</b>	0.8	0.8	1.0	1.8	1.8	1.0
<b>Buiten BGR</b>	1.6	1.1	0.7	1.9	1.4	0.7
<b>Totaal</b>	18.8	27.1	1.4	21.2	33.0	1.6

Omdat het regime van begrensd gebiedsontwikkelruimte alleen van toepassing zal zijn op de bestaande BGR gebieden met een bergend regime, is het ook interessant om naar het volume water te kijken dat hier geborgen wordt. Dit is 25 miljoen m<sup>3</sup> wanneer wordt uit gegaan van de berekende waterstanden van Barneveld en Da Silva (2020) bij een piekafvoer van 4800 m<sup>3</sup>/s op de Maas en 30 miljoen m<sup>3</sup> wanneer wordt uit gegaan van een vaste waterstand in het gebied van NAP+13,6m (Tabel 3-3). Dit is ongeveer 91% van het totale volume. De resterende 9% bevindt zich verdeeld over de bestaande kernen en landelijk gebied dat wel overstromt bij zeer hoge afvoeren, maar formeel geen onderdeel uitmaakt van de BGR.

### Thorn-Wessem

Op basis van berekeningsresultaten van Jurjen de Jong (zie onderstaande figuren), wordt bij de principeberekeningen in hoofdstuk 5 voor Thorn-Wessem uitgegaan van een bergingsvolume van gemiddeld ongeveer 5 miljoen m<sup>3</sup>.



Figuur 3-2 Instroming Thorn-Wessem, wanneer de drempelhoogte voldoet aan de maximaal toelaatbare overstromingskans van 1:100 per jaar. (bron: niet gepubliceerde berekeningen uitgevoerd door J. de Jong (Deltares), aanvullend op de studie Topvervlakking Maas (De Jong en Asselman, 2019).

In de presentatie van Witteveen & Bos en Arcadis (2018) wordt een bergingsvolume van 4 miljoen m<sup>3</sup> genoemd. De GIS-analyses uit deze studie (Bijlage B) duiden eveneens op een bergingsvolume van 4 miljoen m<sup>3</sup>. Ongeveer 3,7 miljoen m<sup>3</sup> water wordt geborgen in gebieden die nu onder het bergende regime van de BGR vallen. Dit is 92% van het totale volume.

### 3.2.3 Omrekening naar aantal te bouwen woningen

Bij de redeneerlijn is uit gegaan van een gemiddeld grondoppervlak van de woningen van 100 m<sup>2</sup>. Dit lijkt redelijk ruim gekozen. De meeste rijtjeshuizen hebben een aanzienlijk kleiner grondoppervlak. Bij deze gemiddelde waarde is echter ook rekening gehouden met bijgebouwen zoals schuren. Ook vrijstaande woningen hebben vaak een groter grondoppervlak. Hetzelfde geldt voor bedrijfsgebouwen.

In de uitgangspunten bij de door de opdrachtgever opgestelde redeneerlijn wordt het volledige oppervlak meegenomen in de berekening, en niet alleen de muren, omdat bewoners al het mogelijke zullen doen om het huis droog te houden. Deze aanname is weliswaar conservatief, bij grotere overstromingsdieptes zal het waarschijnlijk niet mogelijk zijn het huis droog te houden, maar lijkt ons verdedigbaar.

Het (verlies aan) bergend volume (m<sup>3</sup>), conform het RBK hoofdstuk 1.1, wordt berekend als het product van het bouwoppervlak (m<sup>2</sup>) en de lokale overstromingsdiepte (m). In de redeneerlijn zoals voor gesteld door de opdrachtgever wordt echter uitgegaan van een gemiddelde diepte van 1,5 m. Dit vereenvoudigt de berekening. Men zou er bij een formele berekening (n.a.v. een nieuwe ontwikkeling in het gebied) ook voor kunnen kiezen om uit te gaan van de werkelijk te verwachten waterdiepten op basis van de lokale bodemhoogte en maximale waterstand. In dat geval zou er meer kunnen worden gebouwd op relatief hoge delen die nauwelijks overstromen, en minder in laag gelegen locaties.

## 3.3 Achtergronden schade- en normberekeningen

### 3.3.1 Afleiding van het economisch optimale beschermingsniveau

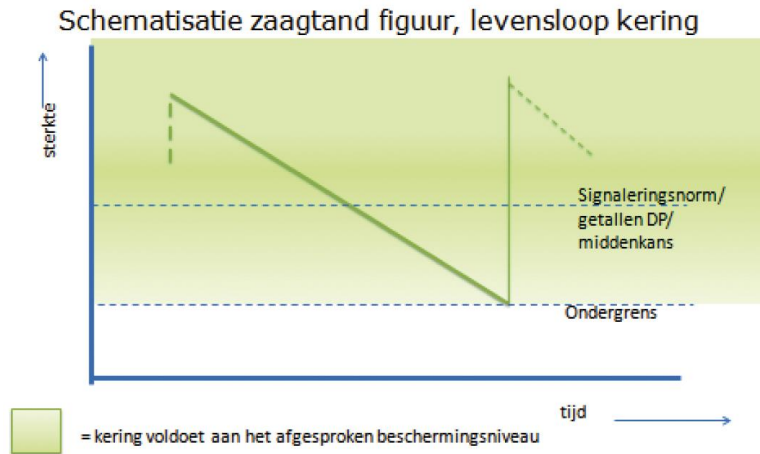
Binnen het Deltaprogramma Veiligheid (DPV) is de economisch optimale overstromingskans (MKBA), waaraan een dijkkring zou moeten voldoen, bepaald volgens de directe schattingsmethode (DPV, 2014, bijlage G). Voor het bepalen van de signaleringswaarde (middenkans) wordt de volgende formule gehanteerd:

$$P_{2050}^{midden} = \frac{1}{a} \cdot \frac{I(h_{10})}{V_{2050}}$$

Hierin staat de term  $V_{2050}$  voor de schade bij overstromen in het jaar 2050. Dit bedrag is inclusief de gemonetariseerde schade gerelateerd aan aantallen getroffen en slachtoffers.  $I(h_{10})$  staat voor de investeringskosten die nodig zijn aan de voorliggende kering om de overstromingskans met een factor 10 te verkleinen. De factor  $a$  heeft een constante waarde van 38, die empirisch is geschat op basis van de uitkomsten uit de MKBA Waterveiligheid 21<sup>e</sup> eeuw (WV21) berekend met het model *OptimaliseRing* (Kind, 2011). Deze constante is onder meer afhankelijk van de discontovoet die ten tijde van de MKBA WV21 op 5,5% gesteld was.

Voor DPV zijn de investeringskosten voor alle normtrajecten in Limburg geschat op basis van de uitkomsten van WV21 (De Grave, 2011). In deze studie is een viertal dijkringen in Limburg in detail beschouwd. Versterkingskosten zoals gehanteerd in DPV zijn ca. 3,9 M€/km.

Deze kosten worden in dit gebied binnen deze studie als een gegeven beschouwd. Voor het bepalen van de ontwikkelruimte wordt enkel gekeken naar de ontwikkeling in de schade.



Figuur 3-3 Schematische weergave van de levensloop van een kering

In de wet wordt behalve over de middenkans of signaleringswaarde gesproken over de ondergrens, het minimale beschermingsniveau waaraan een normtraject moet voldoen. Deze ondergrens-kans is een normklasse lager gesteld (d.w.z. minder streng) dan de signaleringswaarde (een factor 3 grotere kans). Wanneer voor een normtraject de signaleringswaarde wordt overschreden, is vaak nog een periode van 15-20 jaar nodig voordat een traject werkelijk versterkt is. In deze periode zal de overstromingskans verder toenemen, waarbij ervoor gezorgd dient te worden dat de ondergrens niet wordt bereikt. De analyses in deze rapportage richten zich nadrukkelijk op de signaleringswaarde.

### 3.3.2 Klassegrenzen

In de redeneerlijn wordt gesteld dat voor de Lob van Gennep (DR 54-1) de klassegrens tussen de 1/1000 en 1/3000 norm (signaleringswaarde) bij 1/1700 ligt. Voor Thorn-Wessem (DR 79-1) zou de overgang tussen de 1/300 en 1/1000 klasse bij 1/550 liggen. Dit zijn klassegrenzen die in heel Nederland zijn gehanteerd. Echter, binnen DPV is voor de Maasvallei gecorrigeerd voor overschattingen van het schadepotentieel; en dat is gedaan door andere klassegrenzen te gebruiken.

Uit analyses van opgetreden schade tijdens de overstromingen 1993 en 1995 is geconcludeerd dat de schade in bedijkte gebieden langs de Maas (gebieden achter de kaden) ten gevolge van overstromingen zoals berekend met het HIS-SSM (zie paragraaf 3.3.3) met ongeveer een factor 3 zijn overschat (Huizinga en Kok, 2013). In plaats van een correctie op de berekende schade toe te passen, is er bij de toedeling aan normklassen afgeweken van de standaardtoedeling. Alle waarden die tussen twee normklassen in liggen, zijn in de Maasvallei aan de lagere normklasse toegedeeld. Zo wordt dus een MKBA-eis van 1/999 toebedeeld aan de normklasse 1/300 en niet aan 1/1000.

### 3.3.3 Schadebepaling met HIS-SSM

Wanneer uitgegaan wordt van de directe schattingsmethode voor de bepaling van het economisch optimale beschermingsniveau (middenkans of signaleringswaarde) zoals beschreven in paragraaf 3.3.1 en met daarin een constante waarde voor de factor  $\alpha$  en de investeringskosten  $I(h_{10})$ , dan is de economisch optimale overstromingskans nog slechts afhankelijk van het schadebedrag  $V_{2050}$  voor het jaar 2050. Een factor 2 toename in het schadebedrag zorgt voor een factor 2 strengere kans (norm).

Het schadebedrag is opgebouwd uit economische schade (directe en indirecte schade) en gemonetariseerde schade voor slachtoffers en getroffen. In deze analyse wordt primair gefocust op de mate waarin de directe schade aan woningen mag toenemen zodanig dat niet overgegaan wordt naar een strengere normklasse. Hierbij wordt verondersteld dat schade aan andere posten, bijvoorbeeld infrastructuur, bedrijven, etc., maar ook gemonetariseerde slachtoffers en getroffen in dezelfde mate meegroeit. De verhoudingen in de schadebedragen worden als constant verondersteld.

De volgende stappen zijn doorlopen binnen de studie Deltaprogramma Veiligheid (DPV) bij het bepalen van de hoogte van de economische schade:

**1 Bepaling schade, slachtoffers en getroffen met HIS-SSM bij toetspeil**

Voor DR 54-1 (LvG) is met HIS-SSM een schadebedrag bepaald van 221 M€ bij toetspeil (HR2006) voor het peiljaar 2000. Voor DR 79-1 (TW) is een schadebedrag van 25 M€ gevonden. Bij het bepalen van de maximale waterdiepte van de normtrajecten langs de Maasvallei is in DPV uitgegaan van overlopen van de kades, in plaats van een bres.

**2 Bepaling schade voor het worst-case scenario**

Voor de Maasvallei zijn ten tijde van DPV geen overstromingssimulaties gemaakt voor 'bovenmaatgevende' omstandigheden. Er is aangenomen dat het worst-case scenario leidt tot een schade van 1,5 maal de schade bij toetspeil (LvG: 332 M€, TW: 38 M€)

**3 Bepaling verwachtingswaarde schade door weging over beide scenario's**

Voor het bepalen van de verwachtingswaarde van de schade is 60% van de schade bij toetspeil genomen (stap 1) plus 40% van de schade van het worst-case scenario (stap 2). De verwachtingswaarde van de schade komt daarmee 20% hoger uit dan de schade bij toetspeil uit stap 1.  $(0,6+0,4*1,5)*\text{schade\_TP}$ . (LvG: 265 M€, TW: 30 M€)

**4 Groei schadepotentieel in periode 2000-2011**

In de MKBA wordt gerekend met het basisjaar 2011, terwijl de gegevens uit HIS-SSM gebaseerd waren op het jaar 2000. Om recht te doen aan een stukje economische groei is gerekend met een schadetoeename van ca. 15% (Gauderis en Kind, 2011). Hierin zit enerzijds een toename van het aantal huizen (ca 8,7% o.b.v. landelijk gemiddelde (de Bruijn, 2019)), anderzijds een waardevermeerdering<sup>3</sup> van bestaande bebouwing (de aldus resterende 6,3%). De bedragen blijven hierbij uitgedrukt in prijspeil 2000, dit wordt gecorrigeerd in stap 6. (LvG: 304 M€, TW: 34 M€)

**5 Toeslagfactor niet-meegenomen posten HIS-SSM**

Omdat in HIS-SSM niet alle schadeposten worden meegenomen wordt de schade uit stap 4 vermenigvuldigd met een factor 1,6. Deze factor omvat de indirecte schade, LNC-waarden (samen 50%) en risicoaversie van huishoudens (10%). (LvG: 487 M€, TW: 55 M€)

**6 Inflatiecorrectie naar prijspeil 2009**

In de MKBA en de directe schattingsformule is gerekend met prijspeil 2009, de HIS-SSM berekeningen waren gebaseerd op prijspeil 2000. Hiertoe wordt een toeslag toegepast van ca. 22% ten opzichte van de waarde uit stap 5 (Gauderis en Kind, 2011). (LvG: 594 M€, TW: 67 M€)

---

<sup>3</sup> Deze waardevermeerdering staat los van inflatie. Inflatiecorrectie gebeurt in stap 6.

## 7 Schadepotentieel 2050

Voor het bepalen van het schadepotentieel in 2050 wordt een percentage economische groei toegepast van 1,9% per jaar. Dit leidt tot een factor van  $1,019^{39}=2,08$  op het schadebedrag uit stap 6. (LvG: 1238 M€, TW: 139 M€).



## 4 Gebiedsontwikkelruimte Lob van Gennep

Dit hoofdstuk geeft een overzicht van de gebiedsontwikkelruimte in de Lob van Gennep, zoals berekend met de verschillende redeneerlijnen. Het betreft indicatieve berekeningen met als doel de methoden te illustreren en gevoel te krijgen voor de orde van grootte van het aantal huizen dat bijgebouwd zou mogen worden.

### 4.1 Toegestane waterstandsverhoging <1 mm

De berekeningen die zijn uitgevoerd door Barneveld en da Silva (2020) duiden op een waterstandsval van 7 cm. Omdat het bergingsvolume niet vermeld wordt in het rapport is gebruik gemaakt van GIS-analyses (zie ook Bijlage A). Daarbij is onderscheid gemaakt tussen het totale bergingsvolume en het volume water dat geborgen wordt in de bergende gebieden van de BGR. Uitgaande van het totale bergingsvolume zouden ruim 3000 huizen mogen worden bijgebouwd in de Lob van Gennep. Wanneer alleen wordt gekeken naar de bergende gebieden van de BGR dan is het bergingsvolume kleiner en mogen iets minder huizen worden gebouwd: bijna 2500 (Tabel 4-1). Bij de analyses is aangenomen dat de maximale waterstandsverhoging geldt voor de gebieden afzonderlijk. Wanneer bebouwing in beide gebieden samen tot 1 mm waterstandsstijging mag leiden, dan mogen in het totaal (beide gebieden samen) 2313 woningen worden gebouwd. Wanneer alleen naar de bergende gebieden uit de BGR wordt gekeken, dan bedraagt het totaal aantal te bouwen woningen in beide gebieden samen 2088. In Bijlage D wordt uitgelegd hoe het komt dat het totaal aantal te bouwen huizen afneemt wanneer beide gebieden samen worden beschouwd.

Tabel 4-1 Maximaal te bouwen aantal huizen Lob van Gennep, uitgaande van < 1mm waterstandsstijging

	Bergings- volume (mln m <sup>3</sup> )	Effect op waterstand (cm)	Gemiddelde waterdiepte (m)	Afname bergings- volume (mln m <sup>3</sup> )	Aantal huizen
<b>Totale volume bij waterstand NAP+13.6m</b>	33	7	1.6	0.47	3041
<b>Volume bergende gebieden BGR (waterstand NAP+13.6m)</b>	30	7	1.7	0.42	2496

Het berekende aantal huizen is afhankelijk van het bergingsvolume (zoals blijkt uit Tabel 4-1) en het berekende waterstandseffect. Het aantal te bouwen huizen verandert recht evenredig met een verandering in het waterstandseffect. Het is dus erg belangrijk om vast te leggen op welke wijze het waterstandseffect dient te worden bepaald (bij welke afvoer en golfvorm). Dit geldt ook voor het bepalen van het bergingsvolume.

Het berekende aantal huizen is ook afhankelijk van de waterdiepte. In Tabel 4-1 is uitgegaan van de gemiddelde waterdiepte van ongeveer 1,6 m. Omdat de diepte in het gebied varieert, maakt het uit waar gebouwd wordt. Indien alleen gebouwd zou worden in gebieden met een waterdiepte van 0,5 m, dan zouden er bijna drie keer zo veel huizen mogen worden gebouwd.

### 4.2 Toegestane afname bergingsvolume 1%

Het totale bergingsvolume van de Lob van Gennep (uitgaande van een waterstand die gelijk is aan het laagste punt in de primaire kering) komt neer op 33 miljoen m<sup>3</sup>. Een afname van 1% komt overeen met 0,33 miljoen m<sup>3</sup>.

Uitgaande van een volume van 155 m<sup>3</sup> per huis (grondoppervlak 100 m<sup>2</sup> keer een gemiddelde waterdiepte van 1,55 m), zouden er ruim 2100 huizen kunnen worden gebouwd (Tabel 4-2). Wanneer alleen wordt gekeken naar het volume in de bergende gebieden van de BGR dan is dat aantal iets kleiner, ongeveer 1750.

Tabel 4-2 Maximaal te bouwen aantal huizen Lob van Gennepe, uitgaande van 1% afname in bergingsvolume

	Bergings- volume (mln m <sup>3</sup> )	Gemiddelde diepte (m)	Afname bergings- volume (mln m <sup>3</sup> )	Aantal huizen
<b>Totale volume bij waterstand NAP+13.6m</b>	33	1.6	0.33	2129
<b>Volume bergende gebieden BGR (waterstand NAP+13.6m)</b>	30	1.7	0.30	1747

Omdat het aantal te bouwen huizen bij deze redeneerlijn afhankelijk is van het bergingsvolume en de waterdieptes, is het belangrijk om vast te leggen hoe deze bepaald moeten worden. Veranderingen in deze uitgangspunten hebben direct effect op het toegestane aantal woningen.

## 4.3 Schade potentieel als criterium

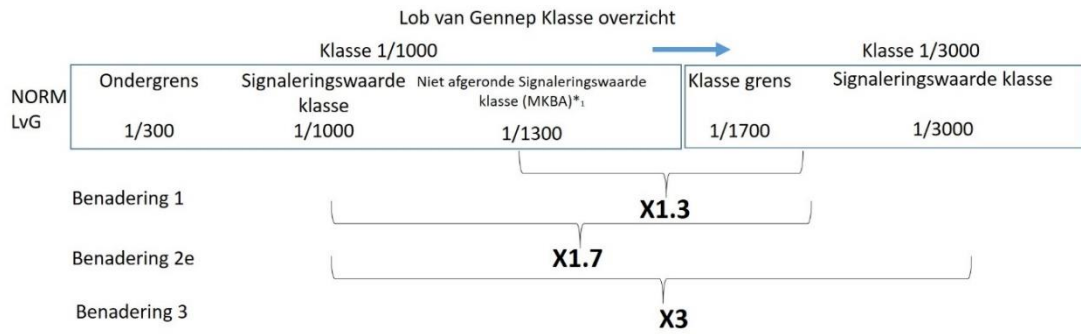
### 4.3.1 Beschouwde situaties

Voor het normtraject 54-1 Ottersum-Mook (LvG) is de normhoogte bepaald door de uitkomst van de MKBA. Het LIR is hier minder relevant (niet maatgevend). Voor dit traject is een economisch optimaal beschermingsniveau gevonden van 1/1284 (afgerond 1/1300) per jaar. Het dijktraject heeft daarom een norm gekregen van 1/1000 (signaleringswaarde) met een ondergrenswaarde van 1/300.

In de redeneerlijn die is aangedragen door de opdrachtgever is onderzocht wat de ontwikkelruimte zou mogen zijn voordat de norm zou moeten worden aangescherpt volgens drie verschillende benaderingen:

- Benadering 1: Benutten van de ruimte tussen de *niet-afgeronde* (berekende) signaleringswaarde (MKBA) en de *klassegrens* waarbij overgegaan wordt naar de volgende normklasse.
- Benadering 2: Benutten van de ruimte tussen de *signaleringswaarde* (normgetal) van de huidige normklasse en de *klassegrens* waarbij overgegaan wordt naar de volgende normklasse.
- Benadering 3: Benutten van de ruimte tussen de *afgeronde signaleringswaarden* van de huidige en de volgende normklasse.

Voor de Lob van Gennepe is deze redeneerlijn geïllustreerd in de volgende figuur:



Figuur 4-1 Beschouwde situaties Lob van Gennep

Deltares heeft deze drie benaderingen gebruikt als basis, en een verdere uitwerking gemaakt welke beschreven worden in dit rapport.

Zoals geschetst in paragraaf 3.3.2 zijn de klassegrenzen in Limburg op een afwijkende manier gehanteerd dan in de rest van Nederland. Alle waarden die tussen twee normklassen in liggen, worden aan de lagere normklasse toegedeeld. Deze inzichten zijn meegenomen in de hier gepresenteerde analyses. De overgang naar een strengere normklasse voor de Lob van Gennep ligt daarmee in de gehanteerde aanpak pas bij 1/3000 in plaats van de in de redeneerlijn gehanteerde 1/1700. In benadering 1 in bovenstaand figuur uit de redeneerlijn moet daarom de ruimte worden beschouwd tussen de berekende optimale kans van 1/1300 en de klassegrens van 1/3000 (een factor 2,3). Bij het hanteren van een andere klassegrens verandert benadering 2 ook en wordt daarmee getalsmatig gelijk aan benadering 3, zie onderstaande tabel. We beschouwen hier dus de kansruimte tussen 1/1000 en 1/3000 (een factor 3).

Tabel 4-3 Toelaatbare vermeerdering van de schade, afhankelijk van de gevolgde benadering (voor de uitleg van de benaderingen wordt verwezen naar voorgaande tekst)

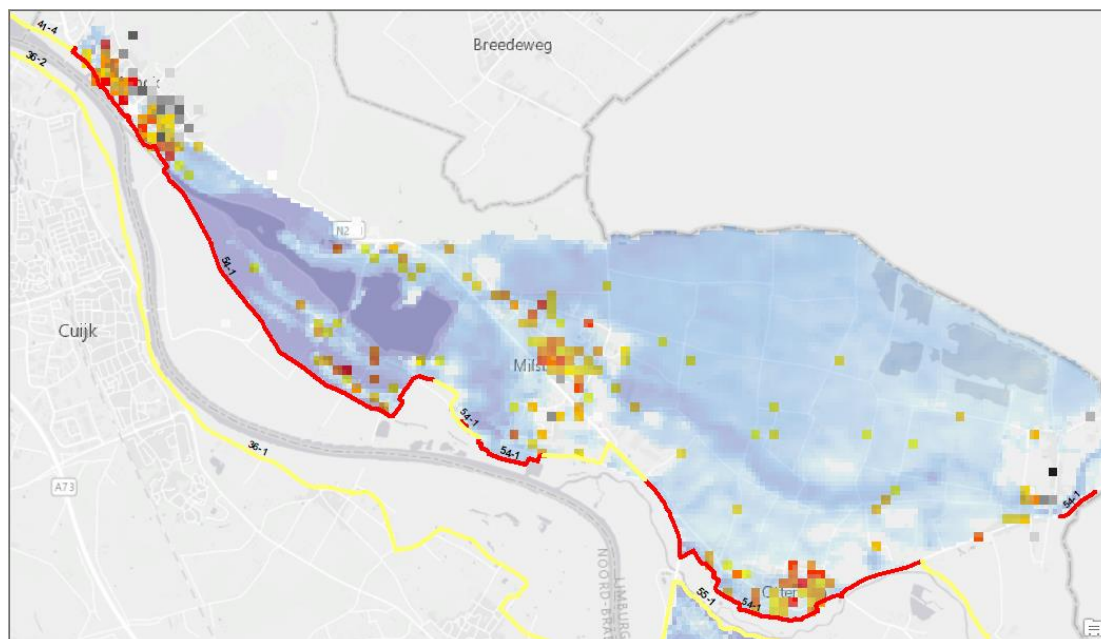
	Lob van Gennep (DR 54-1)		
	Signaleringswaarden		
	Benadering	Van	Naar
1	1/1300	1/3000	2,3
2/3	1/1000	1/3000	3

#### 4.3.2 Autonome ontwikkeling waarmee al rekening is gehouden in de normering

In de normberekeningen (DPV en WV21) is rekening gehouden met een autonome ontwikkeling (groei) in het gebied van 1,9% per jaar in de periode 2011 tot 2050. Dit percentage is ontleend aan het zgn. Transatlantic Scenario, een van de economische scenario's die is opgesteld in het kader van de studie Welvaart en Leefomgeving (WLO) (CPB, 2004).

In het scenario wordt rekening gehouden met een bevolkingsgroei van 0,2% per jaar, een toename van het aantal huishoudens van 0,6% per jaar en een toename van het zogenaamde *woonvolume* met 1,47% (hierin komen de toename van het aantal woningen en de hogere kwaliteit van woningen tot uitdrukking). In DPV is uitgegaan van een gemiddelde toename in aantal woningen van 0,5% per jaar over de periode 2011-2050 voor Nederland. Dit leidt tot een toename van het aantal woningen over 39 jaar met 21% ( $1,005^{39}$ ).

Wanneer het overstromingsscenario dat gehanteerd is bij de HIS-SSM berekeningen over het grid (100x100m) met eengezinswoningen van destijds wordt gelegd is te zien dat ongeveer 3100 woningen (in meer of mindere mate) door de overstroming geraakt worden (Figuur 4-2). Een groei van 21% betekent dat bij het berekenen van de beschermingsnorm reeds geanticipeerd is op een toename met zo'n 650 woningen in het (overstroomde deel van het) gebied. Dit komt ongeveer overeen met de 500-600 woningen die genoemd worden in de redeneerlijn zoals opgesteld door de werkgroep.



Figuur 4-2 Overstroomd oppervlak Lob van Gennep zoals gebruikt bij DPV en de ligging van gebouwen met schade.

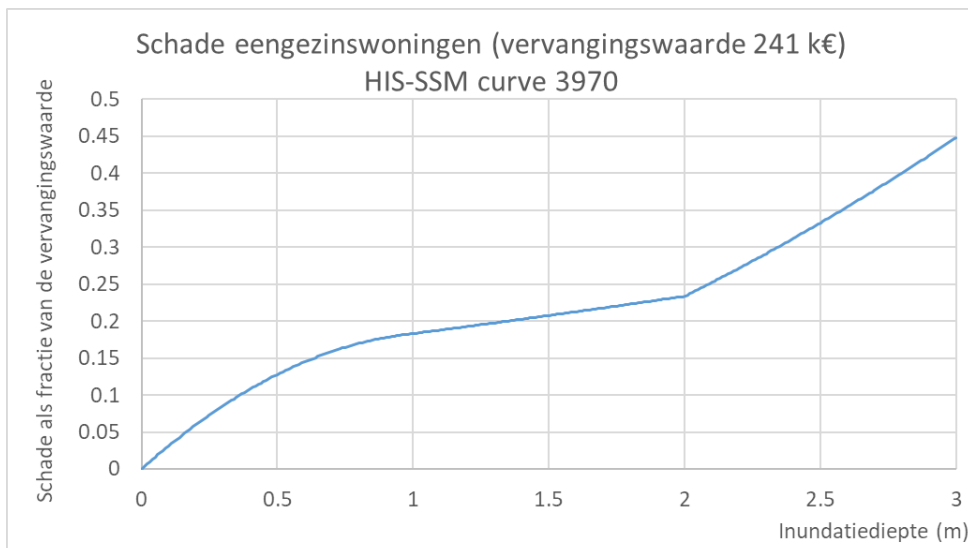
#### 4.3.3 Extra woningen bij gebruik resterende schaderuimte

In paragraaf 4.3.1 is aangegeven dat de totale schade in het gebied (inclusief gemonetariseerde slachtoffers en getroffenen) voor de verschillende benaderingen met een bepaalde factor mag stijgen om tot een nieuwe normhoogte (signaleringswaarde) te komen. Met deze factor in combinatie met de berekeningen in de vorige paragraaf kan de "schaderuimte" bepaald worden voor de bouw van extra woningen in het gebied. (Let op, zoals aangegeven in paragraaf 3.3.3 beschouwen we hier enkel de economische schade aan woningen. Echter, ook de schade aan andere posten als infrastructuur, bedrijven, en ook de gemonetariseerde slachtoffers en getroffenen mogen met deze zelfde factor meegroeiën!) De economische schade voor de situatie 2011 (zoals berekend volgens de stappen in paragraaf 3.3.3) bedraagt voor de Lob van Gennep 594 M€. Van deze 594 M€ is 372 M€ onderbouwd met HIS-SSM, 222 M€ is hieraan toegevoegd voor niet meegenomen posten (60 % van de berekende schade, zoals aangegeven in paragraaf 3.3.3, stap 5).

De economische schade die is onderbouwd met HIS-SSM bestaat in het algemeen voor ca 30-50% uit schade aan woningen. We gaan net als in de redeneerlijn uit van een gemiddelde van 40%, en komen dan op een bedrag van ca. 149 M€ (40% x 372 M€).

In paragraaf 4.3.1 is aangegeven dat voor iedere benadering het schadebedrag met een bepaalde factor mag toenemen. Dit levert per benadering een bepaalde *schaderuimte* op (149 M€ \* (factor-1)). De hoogte van de schaderuimte wordt gegeven in Tabel 4-4.

In HIS-SSM (peiljaar 2000) is voor een eengezinswoning een vervangingswaarde gehanteerd van 241 k€. Bij een gemiddelde waterdiepte in het gebied van 1,5 m wordt een schade fractie gevonden van 0,21 (Figuur 4-3), ofwel een schade van 50,6 k€ per woning. Om dit bedrag af te kunnen zetten tegen de schaderuimte dient het nog vermenigvuldigd te worden met een aantal factoren: de wegingsfactor van 1,2 uit stap 3 voor het in rekening brengen van de worst-case overstrooming; de waardevermeerdering van woningen van 6,3% uit stap 4; en de inflatiecorrectie van 22% uit stap 6 om tot een prijspeil 2009 te komen. Hiermee komt het schadebedrag per woning op  $241 \text{ k€} * 0,21 * 1,2 * 1,063 * 1,22 = 79 \text{ k€}^4$ .



Figuur 4-3 Schadecurve voor eengezinswoningen (inboedel en opstal)

Op basis van bovenstaande gegevens zijn voor de benaderingen zoals geschetst in paragraaf 4.3.1 de “schaderuimtes” en aantallen extra toelaatbare woningen in het gebied berekend. Over deze extra woningen kan eveneens nog het autonome groeipercentage van 21% bij opgeteld worden. We zijn immers uitgegaan van de schaderuimte die er was voor de situatie 2011, dit dient nog doorvertaald te worden naar de situatie 2050 zoals beschreven in de vorige paragraaf.

Het aantal berekende woningen komt bovenop de veronderstelde autonome ontwikkeling in het gebied van ca. 650 woningen zoals eerder was bepaald.

Tabel 4-4 Ruimte voor toename van het aantal woningen op basis van de schaderuimte binnen de huidige normstelling van de Lob van Gennep

Benadering	Lob van Gennep (DR 54-1)						
	Signaleringswaarden			Schade-ruimte (M€)	Toename aantal woningen vanuit schade-ruimte (2011)	Toename vanuit schade-ruimte incl. extra groei t/m 2050 (+21%)	Maximale groei totaal incl. autonome ontwikkeling (+650 woningen)
	Van	Naar	Factor				
1	1/1300	1/3000	2,3	193 M€	2440	2950	3600
2/3	1/1000	1/3000	3	297 M€	3760	4550	5200

<sup>4</sup> De berekende schade van  $594 \text{ M€} * 0,4/1,6 = 148 \text{ M€}$ . gedeeld over 3100 woningen die geraakt worden in de overstrooming levert een schadebedrag van 48 k€ per woning. Dit is een lager bedrag, dat waarschijnlijk komt doordat in een groot deel van het gebied de waterstanden een stuk lager blijven dan 1,5 m.

In het 'krapste' scenario waarbij de economisch optimale overstromingskans mag afnemen van 1/1300 tot 1/3000 is aldus ruimte voor  $2440 \cdot 1.21 + 650 = 3600$  extra woningen.

## 5 Gebiedsontwikkelruimte Thorn-Wessem

### 5.1 Toegestane waterstandsverhoging <1 mm

#### Volumes en waterstandseffecten conform GIS-analyse en berekeningen Witteveen & Bos en Arcadis

Wanneer wordt uit gegaan van de bergingsvolumes zoals bepaald in de GIS-analyse (Bijlage B) en de waterstandseffecten zoals berekend in eerdere studies van Witteveen & Bos en Arcadis (beschikbaar in de vorm van een Excel spreadsheet) dan levert dat een maximaal aantal te bouwen huizen op van 952. Wanneer alleen de bergende gebieden uit de BGR worden beschouwd, dan neemt het aantal huizen iets af tot 881 (Tabel 5-1). Voor deze analyse is aangenomen dat de eis van maximaal 1 mm waterstandsstijging geldt voor Thorn Wessem en Lob van Gennep afzonderlijk. Wanneer bebouwing in beide gebieden samen tot 1 mm waterstandsstijging mag leiden, dan mogen in het totaal (beide gebieden samen) 2313 woningen worden gebouwd. Wanneer in beide gebieden alleen naar de bergende gebieden uit de BGR wordt gekeken, dan bedraagt het totaal aantal te bouwen woningen in beide gebieden samen 2088 (zie Bijlage D).

Tabel 5-1 Indicatie maximaal te bouwen aantal huizen in Thorn-Wessem, uitgaande van < 1mm waterstandsstijging.

	Bergings-volume (mln m <sup>3</sup> )	Effect op waterstand (cm)	Gemiddelde diepte (m)	Afname bergings-volume (mln m <sup>3</sup> )	Aantal huizen
<b>Totale volume GIS-analyses bij vaste waterstand van NAP+24,1m</b>	4	3	1.4	0.13	952
<b>Volume in bergend gebied BGR bij vaste waterstand van NAP+24,1m</b>	3.7	3	1.4	0.12	881

### 5.2 Toegestane afname bergingsvolume 1%

Uit gaande van een bergingsvolume van 4 miljoen m<sup>3</sup> komt een afname van 1% overeen met 0,04 miljoen m<sup>3</sup>. Uitgaande van een volume van 140 m<sup>3</sup> per huis (100 m<sup>2</sup> x 1,4 m), zouden er 286 huizen kunnen worden gebouwd (Tabel 5-2). Wanneer alleen naar het bergingsvolume in de BGR gebieden met een bergend regime wordt gekeken, dan bedraagt dat aantal 264 (Tabel 5-2).

Tabel 5-2 Maximaal te bouwen aantal huizen in Thorn-Wessem, uitgaande van 1% afname van het bergingsvolume

	Bergings-volume (mln m <sup>3</sup> )	Gemiddelde diepte (m)	Afname bergings-volume (mln m <sup>3</sup> )	Aantal huizen
<b>Totale volume GIS-analyses bij vaste waterstand van NAP+24,1m</b>	4.0	1.4	0.04	286
<b>Volume in bergend gebied BGR bij vaste waterstand NAP+24,1m</b>	3.7	1.4	0.04	264

## 5.3 Schadepotentieel als criterium

### 5.3.1 Beschouwde situaties

Voor het normtraject 79-1 Thorn-Wessem (T-W) is de norm bepaald door de uitkomst uit de MKBA. Ook hier is het LIR minder relevant (niet maatgevend). Voor dit traject is een economisch optimaal beschermingsniveau gevonden van 1/384 (afgerond 1/400) per jaar. Het traject heeft een norm gekregen van 1/300.

Op dezelfde manier zoals beschreven voor de Lob van Gennepe in paragraaf 4.3.1 worden voor Thorn-Wessem de volgende twee benaderingen beschouwd:

Tabel 5-3 Toelaatbare vermeerdering van de schade, afhankelijk van de gevolgde benadering (voor de uitleg van de benaderingen wordt verwezen naar paragraaf 4.3.1)

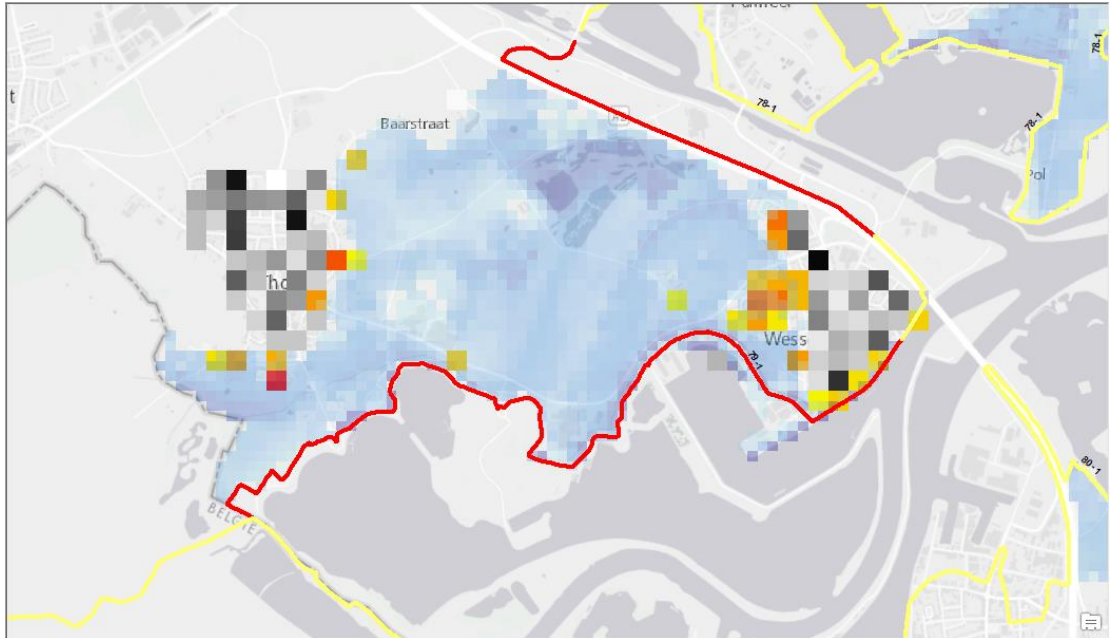
Thorn-Wessem (DR 79-1)			
Signaleringswaarden			
Benadering	Van	Naar	Factor
1	1/400	1/1000	2,5
2/3	1/300	1/1000	3,3

### 5.3.2 Autonome ontwikkeling waarmee al rekening is gehouden in de normering

In de normberekeningen (DPV en WV21) is zoals geschetst in paragraaf 4.3.2 rekening gehouden met een toename van het aantal woningen van 0,5% per jaar over de periode 2011-2050. Dit is verdisconteerd in de schadeberekeningen en de normhoogte. Dit correspondeert met 21% meer woningen in het gebied in de komende 39 jaar ( $1,005^{39}$ ) bovenop het aantal woningen in het referentiejaar 2011.

Wanneer het overstromingsscenario dat gehanteerd is bij de HIS-SSM berekeningen over het grid (100x100m) met eengezinswoningen van destijds wordt gelegd, is te zien dat ongeveer 565 van de 1900 woningen in het gebied (in meer of mindere mate) door de overstroming geraakt worden (Figuur 5-1). Een groei van 21% betekent dat in de norm reeds geanticipeerd is op een toename van zo'n 120 woningen in het (overstroomde deel van het) gebied.





Figuur 5-1 Overstroomd oppervlak Thorn-Wessem zoals gebruikt bij DPV en de ligging van gebouwen met schade.

### 5.3.3 Extra woningen bij gebruik resterende schaderuimte

In paragraaf 5.3.1 is gesteld dat de schade in het gebied met een bepaalde factor mag stijgen voordat een volgende normklasse bereikt wordt. Met deze factor in combinatie met de berekeningen in de vorige paragraaf kan de “schaderuimte” bepaald worden voor de bouw van extra woningen in het gebied.

De economische schade voor de situatie 2011 (zoals berekend volgens de stappen in paragraaf 3.3.3) bedraagt voor Thorn-Wessem 67 M€. Hiervan is 42 M€ onderbouwd met HIS-SSM, 25 M€ is hieraan toegevoegd voor niet meegenomen posten (60 % van de berekende schade, zoals aangegeven in paragraaf 3.3.3, stap 5).

De economische schade die is onderbouwd met HIS-SSM bestaat in het algemeen voor ca 30-50% uit schade aan woningen. We gaan net als in de redeneerlijn uit van een gemiddelde van 40%, en komen dan op een bedrag van ca. 17 M€ (40% x 42 M€)

In paragraaf 5.3.1 is aangegeven dat voor iedere benadering het schadebedrag met een bepaalde factor mag toenemen. Dit levert per benadering een bepaalde *schaderuimte* op (17 M€ \* (factor-1)). De hoogte van de schaderuimte wordt gegeven in Tabel 5-4.

Het schadebedrag per woning is berekend zoals geschetst in paragraaf 4.3.3, echter omdat in dit gebied gerekend wordt met een gemiddelde waterdiepte van 1,8 m in plaats van 1,5 m, neemt het schadepercentage toe van 21% tot 22% (zie de schadecurve in Figuur 4-3). Dit leidt tot een schadebedrag van 82,5 k€ per woning<sup>5</sup>.

<sup>5</sup> De berekende schade van 67 M€\*0,4/1,6 = 17 M€. gedeeld over 565 woningen die geraakt worden in de overstrooming levert een schadebedrag van 30 k€ per woning. Dit verschil komt doordat de woningen die nu bij een overstrooming worden getroffen in gebieden staan die minder diep onder water lopen.

Met bovenstaande gegevens worden voor de twee benaderingen de volgende “schaderuimtes” en aantallen woningen berekend. Bij de woningen die gevonden worden vanuit de schaderuimte kan het autonome groeipercentage van 21% eveneens nog opgeteld worden. Dit aantal komt bovenop de autonome ontwikkeling die toegestaan is in het gebied van ca. 120 woningen zoals bepaald in de vorige paragraaf.

In het ‘krapste’ scenario waarbij de economisch optimale overstromingskans mag afnemen van 1/400 tot 1/1000 is aldus ruimte voor  $305 \cdot 1.21 + 120 = 490$  extra woningen.

Tabel 5-4 Ruimte voor toename van het aantal woningen op basis van de schaderuimte binnen de huidige normstelling voor Thorn-Wessem

Thorn-Wessem (DR 79-1)							
Benadering	Signaleringswaarden			Schaderuimte (M€)	Toename aantal woningen vanuit schaderuimte (2011)	Toename vanuit schaderuimte incl. extra groei t/m 2050 (+21%)	Maximale groei totaal incl. autonome ontwikkeling (+120 woningen)
	Van	Naar	Factor				
1	1/400	1/1000	2,5	25 M€	305	370	490
2/3	1/300	1/1000	3,3	39 M€	470	565	685

## 6 Conclusies en aanbevelingen

Omdat ontwikkelingen in de Lob van Gennep en Thorn-Wessem van invloed kunnen zijn op hoogwaterstanden op de Maas, is het verdedigbaar om qua regelgeving naar de BGR te kijken. In dat geval wordt voor de begrenzing van een maximaal toelaatbare waterstandsstijging aangesloten op een grens van maximaal 1 mm waterstandsverhoging, zoals vastgelegd in het Rivierkundig Beoordelingskader (RBK).

Een redeneerlijn op basis van een maximaal toelaatbaar waterstandseffect < 1mm (redeneerlijn 1a, paragraaf 2.2) voor alle gebieden met een waterbergende functie samen, heeft als nadeel dat de verdeling van het te bouwen aantal woningen over de verschillende gebieden niet automatisch vast ligt. Wanneer de totale ruimte van 1 mm gelijk verdeeld wordt over het aantal gebieden, dan kan deze redeneerlijn leiden tot een verdeling die 'oneerlijk' kan aanvoelen, omdat grote gebieden met een evenredig groot effect een relatief kleine ontwikkelruimte krijgen toebedeeld. Een redeneerlijn op basis van een percentage afname van het bergingsvolume (redeneerlijn 1b, paragraaf 2.3) heeft dit nadeel niet en is bovendien eenvoudiger toepasbaar.

Voor beide redeneerlijnen geldt dat ze gevoelig zijn voor onzekerheden in het bergingsvolume en de waterdiepte (bij de redeneerlijn op basis van <1mm waterstandseffect komen daar ook nog onzekerheden in waterstandseffect bij). Dit betekent dat goed moet worden vast gelegd hoe (met welk model, bij welke piekafvoer en met welke golfvorm) deze waarden berekend moeten worden. De meest eenvoudige optie is waarschijnlijk om uit te gaan van het maximale bergingsvolume achter de kering, tot een hoogte gelijk aan de hoogte van de kering.

Indien gekozen wordt voor een redeneerlijn op basis van een toename van de potentiële schade (redeneerlijn 2, paragraaf 2.4), dient te worden nagegaan hoe het toegestane aantal woningen voor het totale gebied kan worden vertaald naar een aantal woningen dat gebouwd mag worden in het gebied dat nu onder de BGR valt. Voor de redeneerlijn op basis van een waterstandseffect door een verlies aan bergingsvolume is deze omrekening al gedaan.

Wanneer alle voorgestelde redeneerlijnen worden toegepast op Lob van Gennep en Thorn-Wessem, dan leidt dit tot de gebiedsontwikkelruimtes zoals in onderstaande tabellen gespecificeerd. Hierbij is onderscheid gemaakt naar het totale bergingsvolume (inclusief de gebieden die wel kunnen overstromen, maar nu niet onder de BGR vallen), en het volume dat wordt geborgen in gebieden die nu onder de BGR vallen met een bergend regime. Het betreft indicatieve berekeningen die nog kunnen veranderen, bijvoorbeeld wanneer sprake is van een bijgestelde waarde voor bergingsvolumes, waterdieptes of waterstandseffect.

Tabel 2 toont het maximaal te bouwen aantal huizen dat berekend is op basis van de volumes in Tabel 1, uitgaande van een vloeroppervlak van 100 m<sup>2</sup> per woning.

Indien wordt uit gegaan van een maximaal toelaatbare waterstandsstijging van 1 mm mogen 2500 tot ruim 3000 woningen worden gebouwd in de Lob van Gennep en ongeveer 900 in Thorn-Wessem (Tabel 6-1). Hierbij is aangenomen dat beide gebieden afzonderlijk tot deze waterstandsstijging mogen leiden, omdat de effecten bij verschillende afvoeren merkbaar en van belang zijn. Wanneer ontwikkelingen in beide gebieden samen tot 1 mm waterstandsstijging mogen leiden, dan levert dat een iets kleiner aantal woningen op: ongeveer 2000 tot 2300. Hoe dit komt, is uitgelegd in Bijlage D.

Wanneer wordt uit gegaan van een maximaal toelaatbaar verlies aan bergingsvolume van 1%, dan mogen 1750 tot 2130 huizen worden gebouwd in Lob van Gennep en 260 tot 280 bij Thorn-Wessem, afhankelijk of je kijkt naar alleen de gebieden die nu onder de BGR vallen (eerste waarde), of naar het totale overstroombare gebied (tweede waarde).

Tabel 6-1 Indicatie van het aantal woningen dat bijgebouwd kan worden in de Lob van Gennep en Thorn-Wessem, uitgaande van uitgaande van < 1mm waterstandsstijging of 1% afname van het bergingsvolume (volumes bepaald op basis van het laagste punt in de primaire kering (NAP+13,6 m in Lob van Gennep en NAP+24,1m in Thorn-Wessem))

	1mm waterstandsvaling		1% bergingsvolume	
	Totaal	BGR bergend	Totaal	BGR bergend
<b>Lob van Gennep</b>	3041*	2496*	2129	1747
<b>Thorn-Wessem</b>	952*	881*	286	264
<b>Samen</b>	2313**	2088**	2415	2011

\* Aangenomen dat ontwikkelingen in ieder gebied afzonderlijk tot 1 mm waterstandsstijging mogen leiden

\*\* Aangenomen dat ontwikkelingen in de gebieden samen tot 1 mm waterstandsstijging mogen leiden (voor een toelichting zij Bijlage D).

Tabel 6-2 toont het aantal huizen dat maximaal bij gebouwd kan worden op basis van een maximaal toelaatbare toename van de schade. De tabel toont de toelaatbare overstromingskans zoals berekend door Deltaprogramma Veiligheid op basis van de MKBA (1/1300 voor Lob van Gennep en 1/400 voor Thorn-Wessem) en de maximaal toelaatbare groei wanneer wordt uit gegaan van een overgang naar een strengere normklasse bij 1/3000 voor Lob van Gennep en 1/1000 voor Thorn-Wessem. Wanneer uit zou worden gegaan van een toelaatbare toename van de schade met een factor 2, dan is het maximaal bij te bouwen aantal woningen iets kleiner (ongeveer 2900 in Lob van Gennep en 365 in Thorn-Wessem).

Tabel 6-2 Ruimte voor het bouwen van huizen in de Lob van Gennep en Thorn-Wessem op basis van de schaderuimte binnen de huidige normstelling

Gebied	Signaleringswaarden			Schaderuimte (M€)	Maximale groei aantal huizen incl. autonome ontwikkeling
	Van	Naar	Factor		
<b>LvG</b>	1/1300	1/3000	2,3	193 M€	3600
			2	150 M€	2925
<b>TW</b>	1/400	1/1000	2,5	25 M€	490
			2	17 M€	365

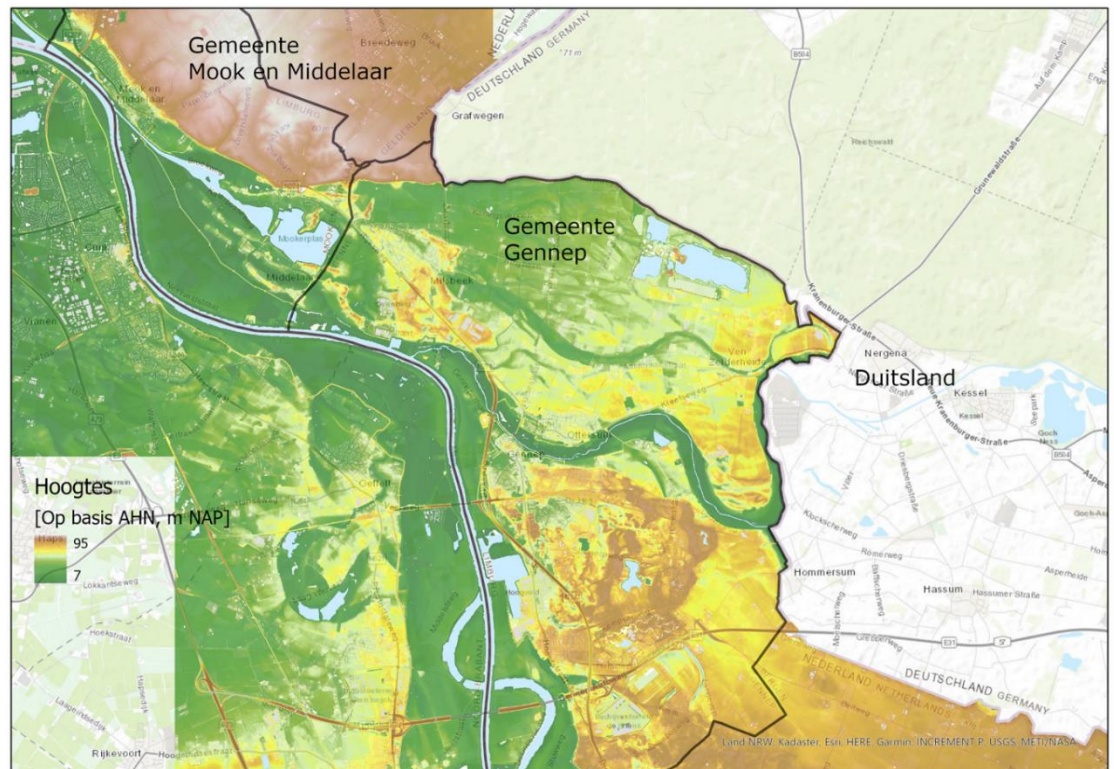
Hoewel het aantal berekende huizen per redeneerlijn verschilt, kan wel worden gesteld dat de aantallen qua orde van grootte vergelijkbaar zijn (paar duizend woningen in de Lob van Gennep en een paar honderd woningen in Thorn-Wessem). Verder kan worden geconcludeerd dat voor de hier onderzochte dijkringen de begrenzing op basis van een maximale afname van het bergingsvolume met 1% maatgevend is ten opzichte de maximaal toelaatbare toename van het schadepotentieel.

## 7 Referenties

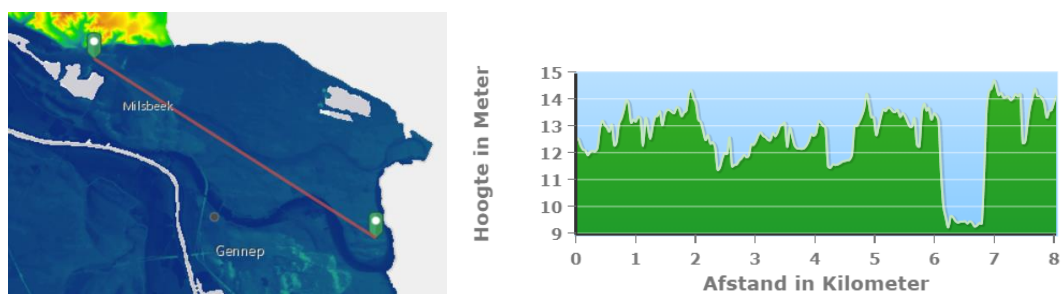
- Barneveld, H.J. en J.V. da Silva (2020) Lob van Gennepe: Hydraulische analyses voor Verkenning (eindrapport). HKV rapport PR3701.20
- CPB, Fred Huizinga en Bert Smid, Vier vergezichten op Nederland Productie, arbeid en sectorstructuur in vier scenario's tot 2040, studie 'Welvaart en Leefomgeving' (WLO), 2004
- De Bruijn, Kind, de Grave, *DPRD Waterveiligheidsnormen: achterliggende factoren en relatie met nieuwbouw en vitale infrastructuur*, Deltares rapport 11203724-010, dec. 2019
- De Grave, Baarse, 2011. *WV21, Kosten van maatregelen, informatie ten behoeve van het project Waterveiligheid 21<sup>e</sup> eeuw*, Deltares rapport 1204144-003, maart 2011.
- De Jong, J. en N. Asselman (2019) Topvervlakking Maas: Het effect van golfvormen, bergingsgebieden en rivierverruiming. Deltares rapport 11203684-003-ZWS-0002
- Deltaprogramma, deelprogramma Veiligheid (DPV), *Technisch-inhoudelijke uitwerking van eisen aan primaire keringen*, hoofdrapport versie DPV 2.2 (def) dd. 7 oktober 2014.
- Gauderis en Kind, Maatschappelijke kosten-batenanalyse Waterveiligheid 21e eeuw Bijlage D: Bewerking van schadegegevens, Deltares, 2011
- HKV (2018) Lob van Gennepe – Retentiewerking. Powerpoint-rapportage met resultaten van een verkennend onderzoek naar de effecten van een inrichting van de Lob van Gennepe als retentiegebied. PR3701.10, d.d. 7 februari 2018
- Huizinga, H.J. en M. Kok, 2013. *Schade bij hoogwater langs de Limburgse Maas*. HKV-rapport PR2676.10, december 2013.
- Kind, J. e.a., 2011. Maatschappelijke kosten-batenanalyse Waterveiligheid 21e eeuw. Deltares rapport 1204144-006-ZWS-0012 dd. 31 maart 2011
- Witteveen & Bos en Arcadis (2018) Aanzet redeneerlijn retentiewerking. Voorbeeld: Thorn-Wessem , Presentatie d.d. 07/02/18

# A Oppervlaktes en volumes Lob van Gennepe

Figuur A-1 toont de hoogteligging van de Lob van Gennepe zoals beschikbaar in het Actueel Hoogtebestand Nederland (AHN). Voor Duitsland zijn geen hoogtegegevens beschikbaar. Figuur A-2 toont een hoogteprofiel door het gebied. Bebouwing, zoals de bebouwde kom van Milsbeek, ligt doorgaans op hogere delen (Milsbeek heeft een hoogteligging van meer dan NAP+13m). Ook in het zuidoosten van de Lob van Gennepe neemt de hoogteligging toe tot meer dan NAP +14m. De laagste delen komen voor in het noordelijk deel van de Lob van Gennepe: net boven de NAP +11m. Het laagste punt in het profiel in Figuur A-2 valt samen met het dal van de Niers, dat geen deel uitmaakt van de Lob van Gennepe.

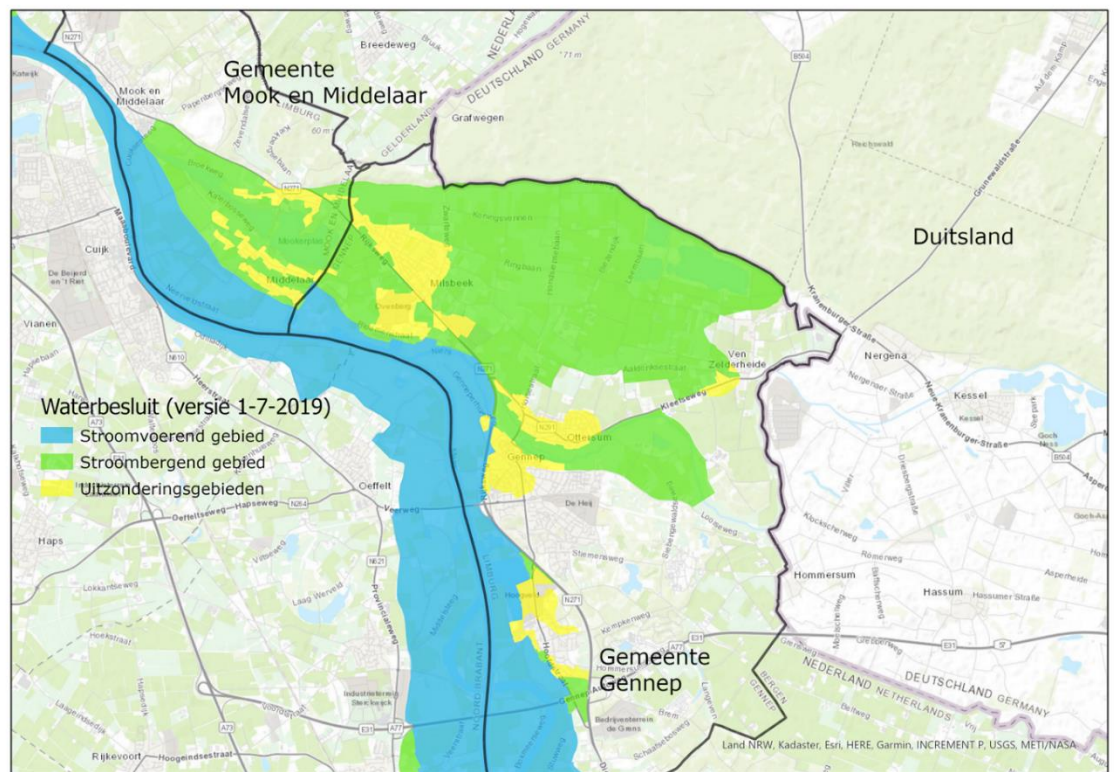


Figuur A-1 Hoogteligging Lob van Gennepe (bron: AHN)



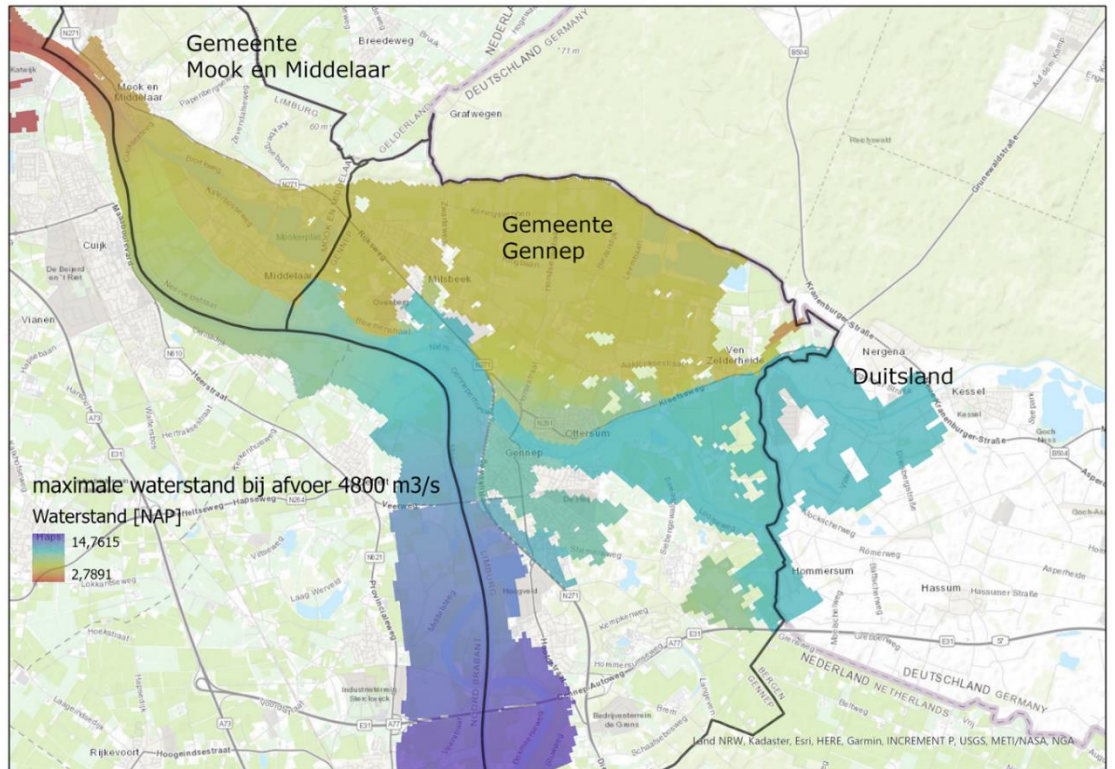
Figuur A-2 Hoogteprofiel (van NW naar ZO) door Lob van Gennepe (bron: AHN)

Figuur A-3 toont op welke gebieden de Beleidslijn Grote Rivieren momenteel van toepassing is. De lager gelegen delen maken deel uit van het Bergende gebied in de BGR. Hogere en veelal bebouwde gebieden behoren tot de uitzonderingsgebieden.



Figuur A-3 Kaart behorend bij de Beleidslijn Grote Rivieren voor het gebied nabij Lob van Genneep

Om na te gaan hoe het bergingsvolume van de Lob van Genneep verdeeld is over de verschillende gebieden (BGR stroombergende gebieden, uitzonderingsgebieden en overige gebieden), is een gebruik gemaakt van simulaties met een hydraulische model die zijn uitgevoerd door Barneveld en Da Silva (2020), voor de variant Reguliere Dijken en bij een piekafvoer op de Maas van 4800 m<sup>3</sup>/s. De berekende waterstanden zijn te zien in Figuur A-4.



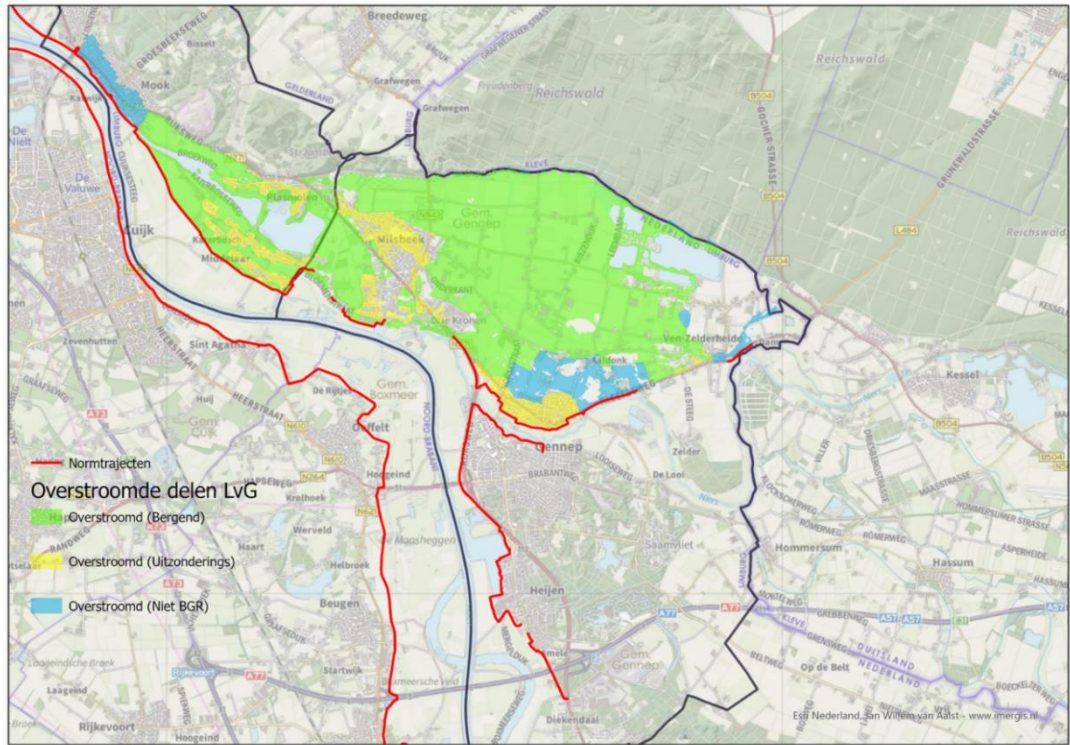
Figuur A-4 Waterstanden in en nabij de Lob van Gennep berekend door Barneveld en Da Silva (2020) voor de variant Reguliere dijken, bij een maximale afvoer op de Maas van 4800 m<sup>3</sup>/s.

De maaiveldhoogte zoals beschikbaar in het AHN is van deze waterstanden afgetrokken om de waterdieptes en vervolgens het volume te berekenen. Dit is gedaan voor bergende gebieden binnen de BGR en voor de uitzonderingsgebieden. Het resultaat is te zien in Figuur A-5.

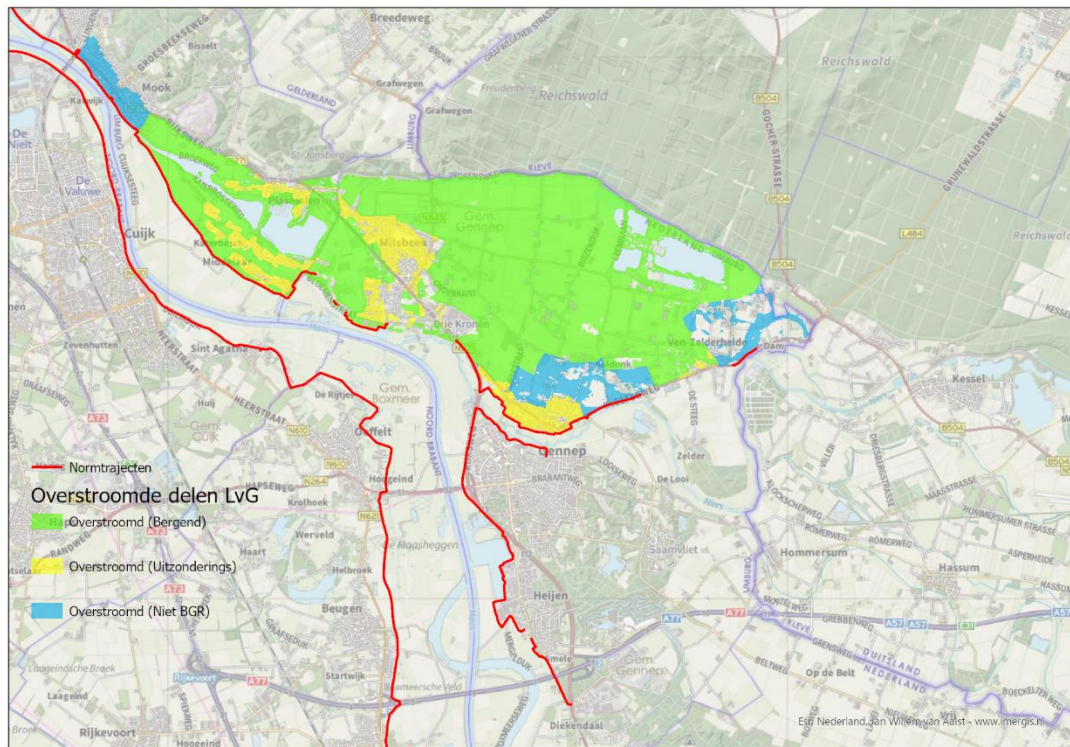
Opgemerkt wordt dat er kleine verschillen kunnen zitten tussen het overstroomde gebied in Figuur A-4 en Figuur A-5. Dat komt waarschijnlijk doordat het WAQUA model een andere detailniveau heeft dan het AHN (AHN werkt op basis van een grid met 0.5x0.5 m cellen). Een cel kan overstromen in WAQUA terwijl deze in het AHN deels droog blijft.

De analyse is herhaald met een waterstand in de Lob van Gennep die overal gelijk is gesteld aan het laagste punt in de primaire waterkering (NAP +13,6 m). Dat leidt tot een zeer kleine toename van het overstroomd oppervlak (vergelijk Figuur A-5 en Figuur A-6) en iets grotere toename van het bergingsvolume (Tabel A-1).





Figuur A-5 Overstromde gebieden Lob van Gennep bij een maximale afvoer op de Maas van 4800 m<sup>3</sup>/s.



Figuur A-6 Overstromde gebieden Lob van Gennep bij een waterstand gelijk aan het laagste punt van primaire waterkering (NAP+13,6m)

Tabel A-1 Overstroomd oppervlak en bergingsvolume binnen de Lob van Gennep per type gebied en per gemeente

		4800 m <sup>3</sup> /s			Laagste punt kering (NAP 13.6m)		
		oppervlak (km <sup>2</sup> )	volume (mln m <sup>3</sup> )	gemiddelde diepte (m)	oppervlak (km <sup>2</sup> )	volume (mln m <sup>3</sup> )	gemiddelde diepte (m)
<b>BGR bergend</b>	Gennep	12.1	12.8	1.1	13.0	16.1	1.2
	Mook en Middelaar	2.5	6.8	2.7	2.6	7.5	2.9
	Plassen G*	0.9	1.3	1.5	1.0	1.7	1.8
	Plassen M&M*	1.0	4.2	4.4	1.0	4.4	4.6
	totaal	16.4	25.2	1.5	17.5	29.7	1.7
<b>Uitzonderingsgebied</b>	Gennep	0.3	0.1	0.5	1.3	1.0	0.8
	Mook en Middelaar	0.5	0.7	1.3	0.5	0.8	1.5
	totaal	0.8	0.8	1.0	1.8	1.8	1.0
<b>Buiten BGR</b>	Gennep	1.2	0.6	0.5	1.5	0.7	0.5
	Mook en Middelaar	0.4	0.6	1.4	0.4	0.7	1.8
	totaal	1.6	1.1	0.7	1.9	1.4	0.7
<b>Totaal</b>		18.8	27.1	1.4	21.2	33.0	1.6

\* omdat het AHN geen gegevens bevat voor plassen en andere wateroppervlakten, is hier een handmatige correctie voor uitgevoerd. Bij de variant waarbij de waterstand in de Lob van Gennep gelijk is gesteld aan NAP+13,6 m, is de diepte boven de plassen in de gemeente Gennep geschat op 1,8 m, daarbij is aangenomen dat de waterstand normaal in de plas ongeveer NAP 11,8 m bedraagt. Voor de plassen nabij Middelaar is uitgegaan van een sluitpeil van NAP 9,0 m. Dit leidde tot een waterdiepte van 4,6 m.

Een samenvattend overzicht van de resultaten is te zien in Tabel A-2.

Tabel A-2 Samenvattend overzicht overstroomd oppervlak en bergingsvolume binnen de Lob van Gennep per type gebied

	4800 m <sup>3</sup> /s			Laagste punt kering (NAP 13.6m)		
	oppervlak (km <sup>2</sup> )	volume (mln m <sup>3</sup> )	gemiddelde diepte (m)	oppervlakte (km <sup>2</sup> )	volume (mln m <sup>3</sup> )	gemiddelde diepte (m)
<b>Bergend BGR</b>	16.4	25.2	1.5	17.5	29.7	1.7
<b>Uitzonderingsgebied</b>	0.8	0.8	1.0	1.8	1.8	1.0
<b>Buiten BGR</b>	1.6	1.1	0.7	1.9	1.4	0.7
<b>Totaal</b>	18.8	27.1	1.4	21.2	33.0	1.6

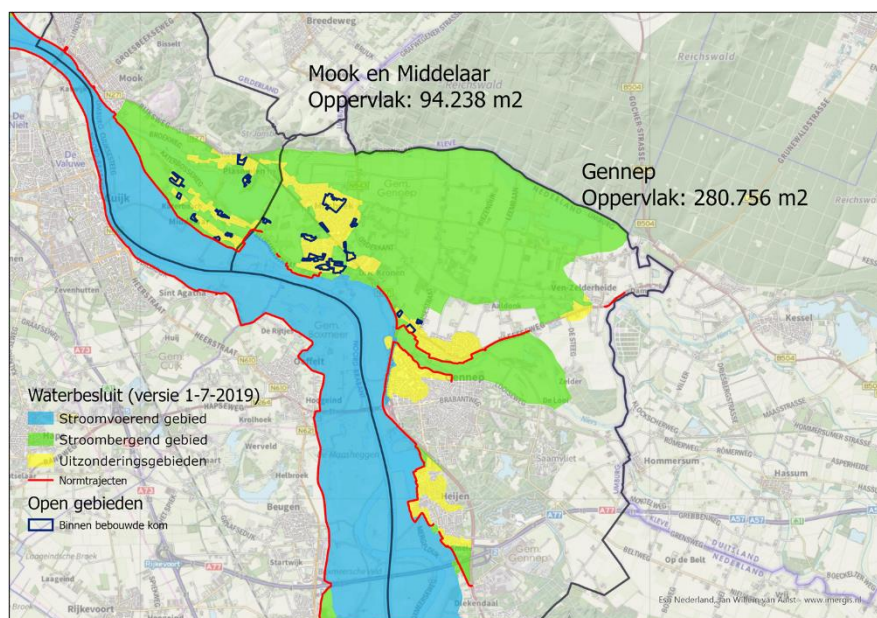
Het grootste overstroomde oppervlak bevindt zich in de bergende gebieden van de BGR. Wanneer de berekende waterstanden bij een Maasafvoer van 4800 m<sup>3</sup>/s als uitgangspunt worden genomen, dan bevindt 87% van het totale overstroomde gebied zich in het bergende gebied van de BGR (Tabel A-3). Uitgaande van een vaste waterstand in het hele gebied van NAP 13,6 m is dit 82%. Als we kijken naar het bergingsvolume in plaats van het overstroomd oppervlak, dan zien we dat de percentages hoger zijn, respectievelijk 93% en 90%. Dit komt doordat de waterdieptes in de bergende gebieden groter zijn dan in de uitzonderingsgebieden.

3% tot 5% van het water wordt geborgen in uitzonderingsgebieden. De hoeveelheid water die geborgen wordt in gebieden die buiten de BGR vallen, bedraagt ongeveer 4%.

Tabel A-3 Overstroomd oppervlak en bergingsvolume binnen de Lob van Gennep per type gebied als percentage van het totale overstroomde oppervlak en bergingsvolume

	4800 m <sup>3</sup> /s		NAP 13.6m	
	oppervlak	volume	oppervlakte	volume
<b>BGR bergend</b>	87%	93%	82%	90%
<b>Uitzonderingsgebied</b>	4%	3%	9%	5%
<b>Buiten BGR</b>	8%	4%	9%	4%
<b>Totaal</b>	100%	100%	100%	100%

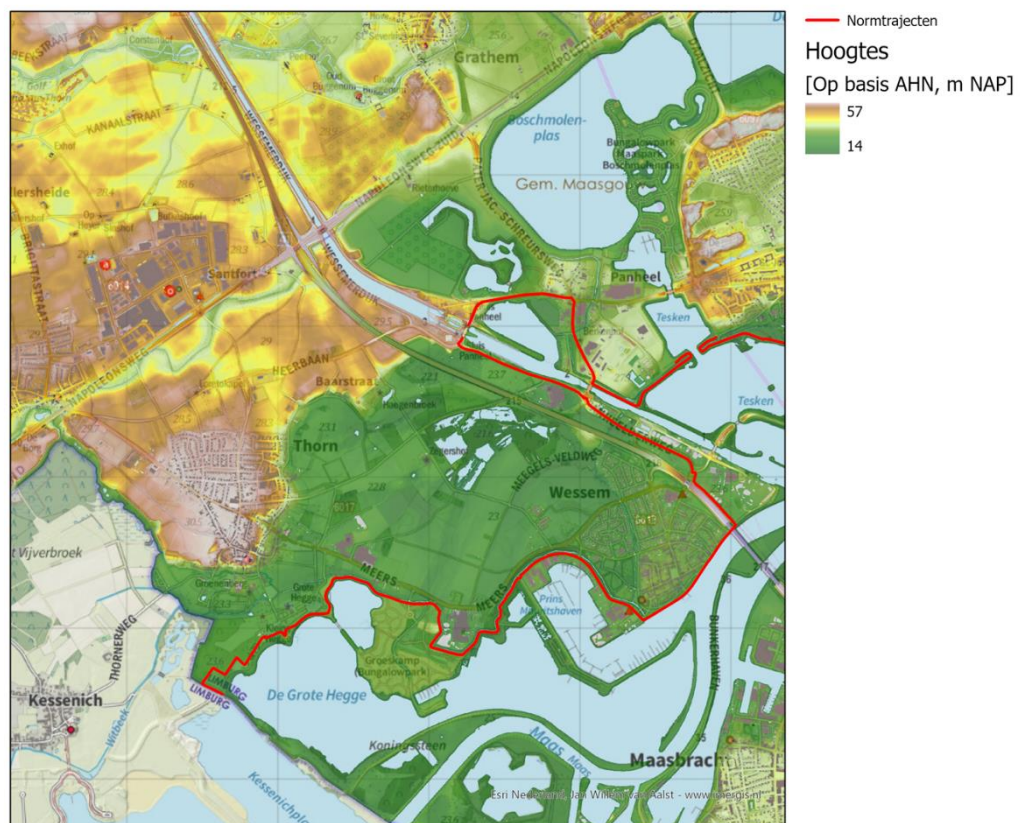
Omdat het regime van een begrensde gebiedsontwikkelruimte van toepassing zal zijn op de gebieden die nu onder het bergend regime van de BGR vallen, is het mogelijk om de bebouwing in de uitzonderingsgebieden te verdichten. Daarom is gekeken hoe groot het oppervlak open gebied is in de uitzonderingsgebieden. Deze analyse is op het oog uitgevoerd op basis van google maps. Alleen de grotere open gebieden zijn mee genomen (parken e.d.). Het totaal open gebied in de Lob van Gennep bedraagt ongeveer 0,37 km<sup>2</sup> (Figuur A-7). Wanneer we uitgaan van den gemiddelde waterdiepte in de uitzonderingsgebieden van 1,0 m (Tabel A-2) dan leidt dat tot een bergingsvolume van circa 0,37 miljoen m<sup>3</sup>.



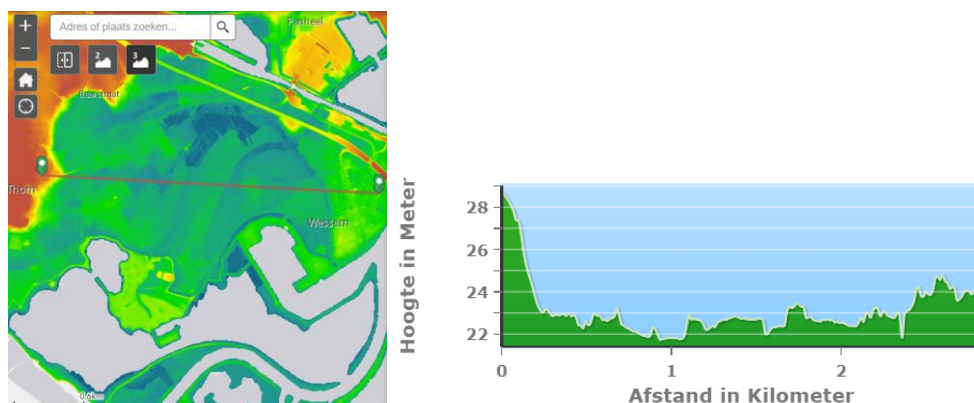
Figuur A-7 Open gebieden in de Lob van Gennep, nu vallend onder de uitzonderingsgebieden van de BGR

## B Oppervlaktes en volumes Thorn-Wessem

Figuur B-8 toont de hoogteligging nabij Thorn-Wessem. Figuur B-9 toont een dwarsprofiel van Thorn naar Wessem. In beide figuren is te zien dat Thorn hoog ligt (boven de NAP+28 m). Wessem ligt beduidend lager. Het westelijke deel van Wessem ligt op een hoogte van ongeveer NAP+23m, terwijl het oostelijke deel boven de NAP+24m ligt. Tussen Thorn en Wessem in bevindt zich een lager gelegen gebied, waar de hoogte varieert tussen de NAP+22 m en NAP+23 m.

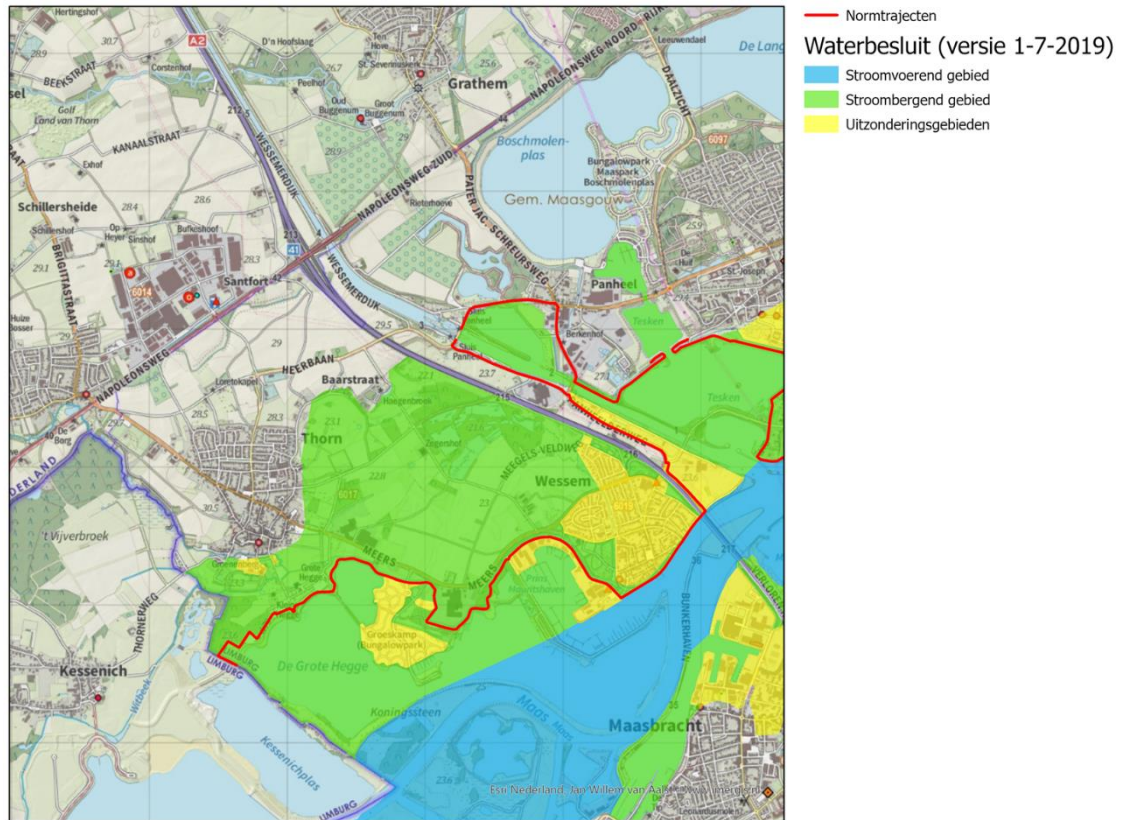


Figuur B-8 Hoogteligging Thorn-Wessem (bron: AHN)



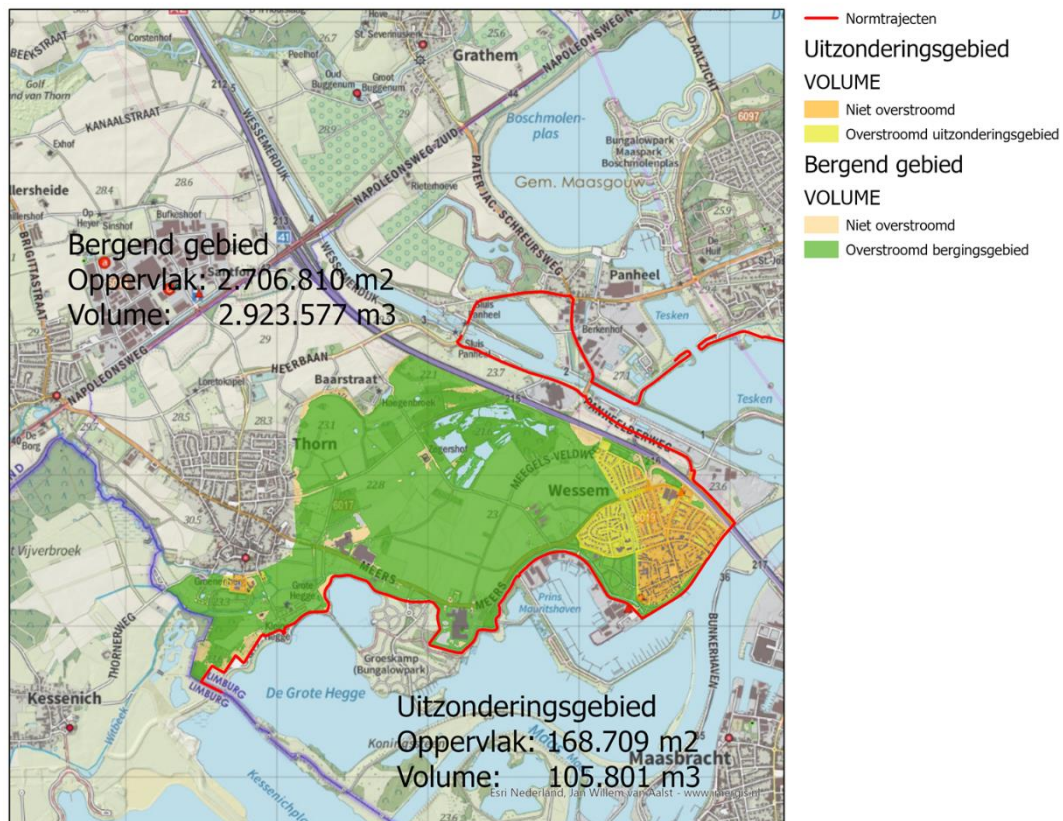
Figuur B-9 Hoogteprofiel van Thorn naar Wessem (bron: AHN)

Figuur B-10 toont op welke gebieden de Beleidslijn Grote Rivieren momenteel van toepassing is. De lager gelegen delen maken deel uit van het bergende gebied in de BGR. Wessem valt onder de uitzonderingsgebieden.



Figuur B-10 Kaarten behorend bij de Beleidslijn Grote Rivieren voor het gebied nabij Thorn-Wessem

Voor Thorn-Wessem is het overstroomd oppervlak niet bepaald op basis van simulaties met een hydraulisch model, maar op basis van horizontaal waterstandsvlak, waarvan de hoogte gelijk is aan het laagste punt in de waterkering. In Figuur B-11 is aangenomen dat het laagste punt een hoogte had van NAP +23,8 m.



Figuur B-11 Overstroomde gebieden Thorn-Wessem

Wanneer wordt aangenomen dat het laagste punt in de kering een hoogte heeft van NAP +23,8 m, dan overstroomt 2,7 km<sup>2</sup> bergend gebied van de BGR. Het overstroomd oppervlak in uitzonderingsgebied bedraagt 0,2 km<sup>2</sup>. De volumes in beide gebieden bedragen respectievelijk 3,0 en 0,1 miljoen m<sup>3</sup>. Omdat voor plassen geen hoogtegegevens beschikbaar zijn in het AHN, is het oppervlak hiervan niet mee genomen in de analyse. Een handmatige correctie komt uit op een extra overstroomd bergend oppervlak van 0,1 km<sup>2</sup> en een volume van 0,1 miljoen m<sup>3</sup>. Deze getallen zijn ook te zien in Tabel B-4.

Tabel B-4 Overstroomd oppervlak en bergingsvolume binnen dijkkring Thorn-Wessem, uitgaande van een waterstand gelijk aan NAP+23,8 m.

	Oppervlakte (km <sup>2</sup> )	Volume (mln m <sup>3</sup> )	Gemiddelde diepte (m)
<b>BGR (bergend gebied)</b>	2.7	2.9	1.1
<b>BGR Uitzonderingsgebied</b>	0.2	0.1	0.6
<b>Correctie plassen (bergend gebied)</b>	0.1	0.1	1.2
<b>Totaal</b>	3.0	3.1	1.1

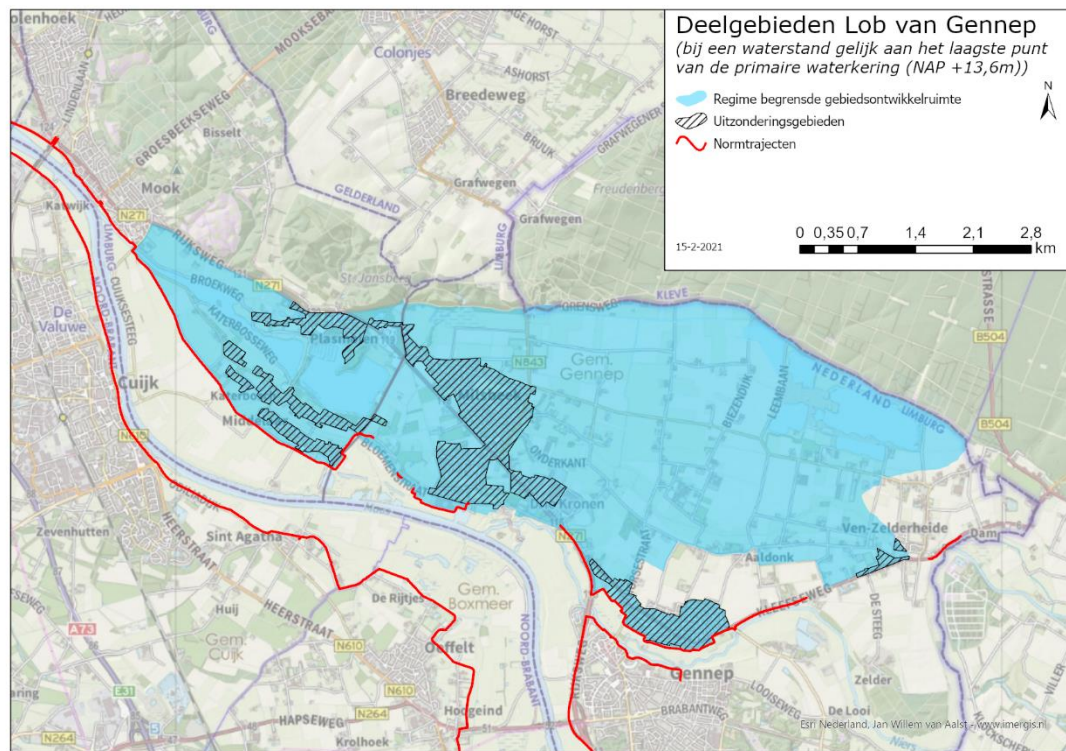
De exacte hoogtes van de dijken rond gebied Thorn-Wessem zullen nog volgen uit de planuitwerkingsfase van het lopende dijkversterkingsproject. Uit gegevens van Waterschap Limburg (e-mail van Yvonne van Kruchten, 28 januari 2021) bleek later dat het laagste punt conform de meest actuele inzichten mogelijk een hoogte van NAP+24,1 m krijgt. Gezien de hoogteligging binnen dit gebied zal dit voor de volumebepaling weinig gevolgen hebben. Het overstromd oppervlak in het uitzonderingsgebied zal mogelijk iets toenemen. Onder de aanname dat het overstromd oppervlak niet of nauwelijks verandert is het bergingsvolume opnieuw bepaald (Tabel B-5). Het totale volume bedraagt in dat geval 4,0 miljoen m<sup>3</sup> in plaats van 3,1 miljoen m<sup>3</sup>. Deze laatste waarden zijn gebruikt voor de principeberekeningen in hoofdstuk 5.

*Tabel B-5 Overstromd oppervlak en bergingsvolume binnen dijkkring Thorn-Wessem, uitgaande van een waterstand gelijk aan NAP+24,1 m.*

	Oppervlakte (km <sup>2</sup> )	Volume (mln m <sup>3</sup> )	Gemiddelde diepte (m)
<b>BGR (bergend gebied)</b>	2.7	3.7	1.4
<b>BGR Uitzonderingsgebied</b>	0.2	0.2	0.9
<b>Correctie plassen (bergend gebied)</b>	0.1	0.1	1.5
<b>Totaal</b>	3.0	4.0	1.4

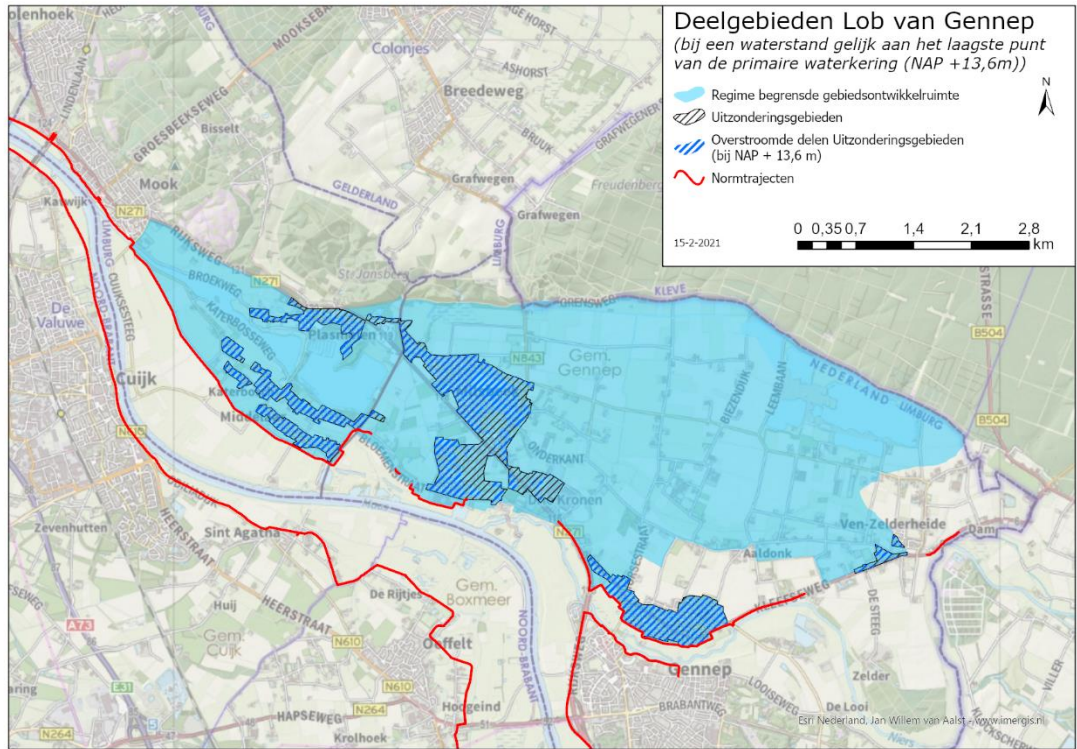
## C Deelgebieden Lob van Genneep en Thorn-Wessem

De gebieden waarvoor het regime van begrensde gebiedsontwikkelruimte gaat gelden en de uitzonderingsgebieden zijn te zien Figuur C.1 t/m Figuur C.4. De eerste twee figuren zijn voor de Lob van Genneep. Figuur C.3 en Figuur C.4 hebben betrekking op Thorn-Wessem.

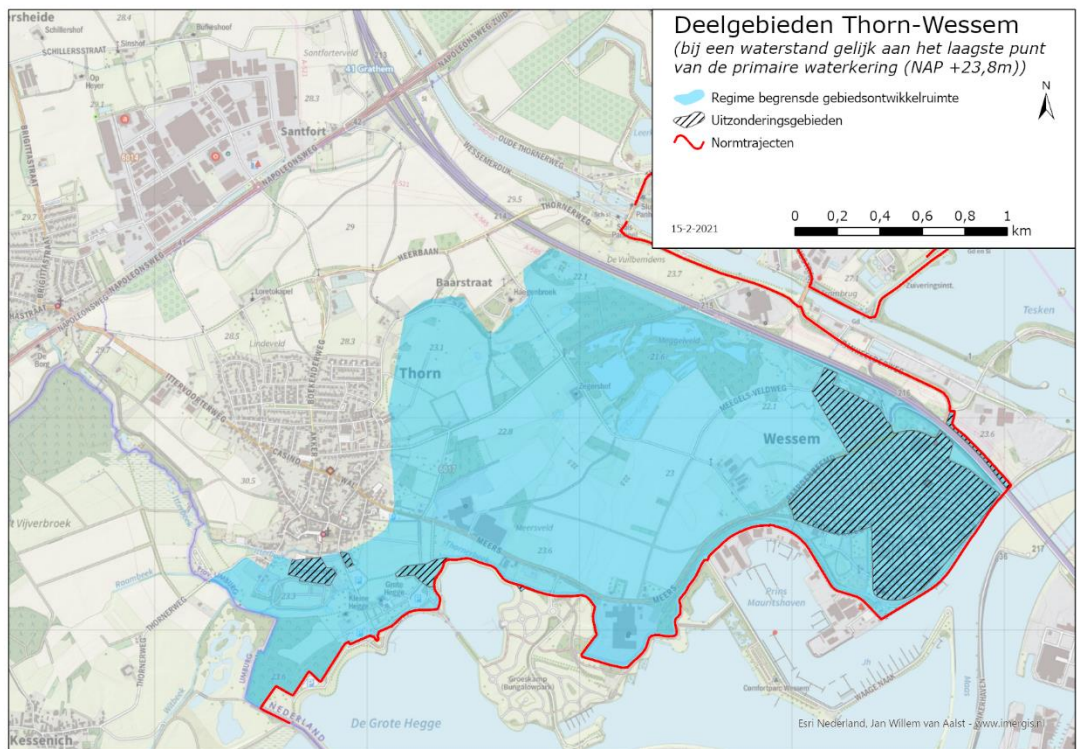


Figuur C.1 Ligging van gebieden die vallen onder het regime van begrensde gebiedsontwikkelruimte en uitzonderingsgebieden in de Lob van Genneep.

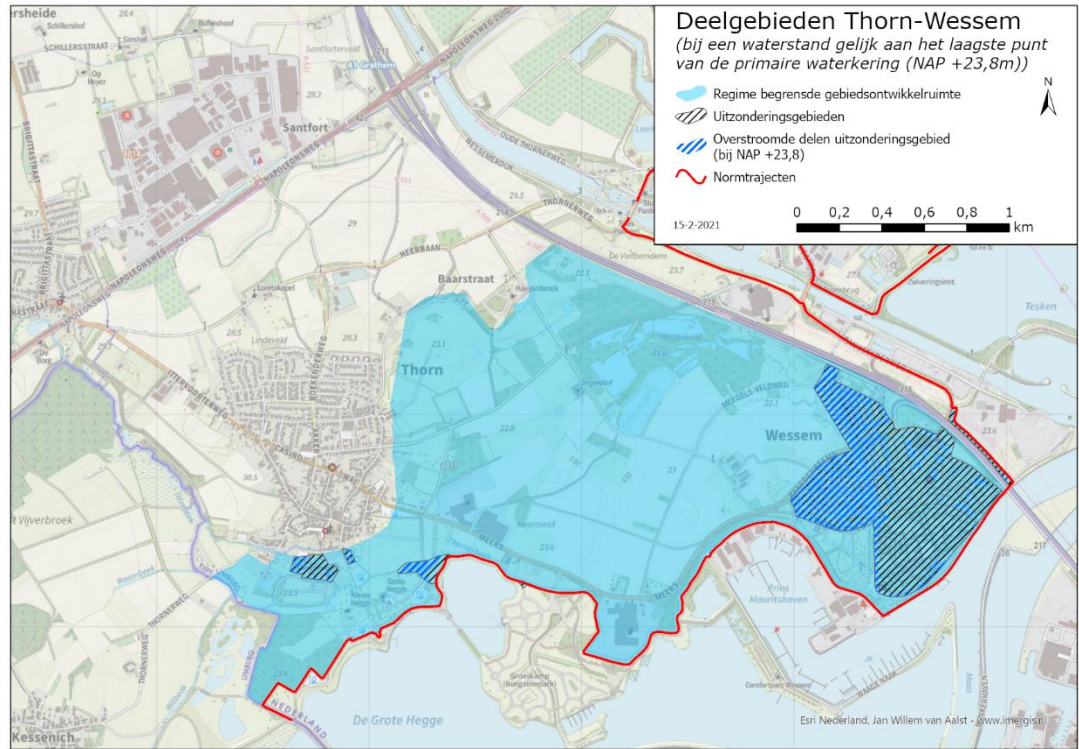




Figuur C.2 Ligging van uitzonderingsgebieden in de Lob van Genneep die wel overstroomt.



Figuur C.3 Ligging van gebieden die vallen onder het regime van begrensde gebiedsontwikkelruimte en uitzonderingsgebieden in dijkkring Thorn-Wessem.



Figuur C.4 Ligging van uitzonderingsgebieden in de dijkring Thorn-Wessem die wel overstromen.

## D Toepassing van de redeneerlijn “toegestane waterstandsverhoging < 1mm” op meerdere gebieden samen

Bij de analyses in hoofdstuk 4.1 en hoofdstuk 5.1 is aangenomen dat de maximaal toegestane waterstandsverhoging van 1 mm geldt voor de gebieden afzonderlijk. In dat geval kunnen ongeveer 3000 woningen worden gebouwd in de Lob van Gennep en 950 in Thorn-Wessem. Echter, wanneer de maximaal toegestane waterstandsstijging voor beide gebieden samen geldt, dan leidt dat tot een veel kleiner aantal woningen, namelijk ongeveer 2300 (zie ook Tabel 6-1). Dit ‘verwarrende’ resultaat komt doordat de gebiedsontwikkelruimte niet bepaald wordt door het absolute bergingsvolume, maar door de verhouding tussen het bergingsvolume en het waterstandseffect. In deze bijlage geven we een uitgebreidere uitleg.

Het lastige bij redeneerlijn 1a (toegestane waterstandsverhoging < 1mm) is dat de toegestane afname van het bergingsvolume geheel bepaald wordt door de *verhouding* bergingsvolume : waterstandseffect en helemaal niet door het totale volume.

Ofwel: een gebied met een volume van 1000 miljoen m<sup>3</sup> en een effect van 100 cm, mag evenveel bergingsvolume verliezen als een gebied met 5 miljoen m<sup>3</sup> aan bergingsvolume en 0.5 cm waterstandsval. Per m<sup>3</sup> bergingsvolume is het effect van deze gebieden immers gelijk:

- 1000 mln m<sup>3</sup> : 1000 mm = 1 mln m<sup>3</sup>/mm
- 5 mln m<sup>3</sup> : 5 mm = 1 mln m<sup>3</sup>/mm

Er mag daarom in beide gebieden evenveel bergingsvolume verloren gaan, namelijk 1 mln m<sup>3</sup>. En er mogen dus evenveel huizen worden gebouwd.

Wanneer de 1 mm eis voor deze gebieden samen zou gelden, dan leidt dat tot 1005 mln m<sup>3</sup> berging met een waterstandsval van 100,5 cm. De verhouding is dan nog steeds hetzelfde. Dus samen mogen de gebieden ook 1 mln m<sup>3</sup> aan bergingsvolume kwijtraken.

Bij Lob van Gennep en Thorn-Wessem leidt de 1mm eis tot een verschillend toelaatbaar verlies aan bergingsvolume omdat de gebieden niet even effectief zijn. De verhouding bergingsvolume : waterstandsval is dus niet hetzelfde. Wanneer de gebieden vervolgens samen worden beschouwd, dan resulteert dit in weer een andere verhouding uit tussen bergingsvolume en waterstandsval, met dus ook weer een ander toegestane afname van het bergingsvolume als gevolg.

We leggen dit uit aan de hand van onderstaand fictieve voorbeeld (Tabel D-1), waarin A en B twee gebieden zijn met een waterbergende functie. Het bergingsvolume van beide gebieden is gelijk, maar gebied A leidt tot twee keer zoveel waterstandsval als gebied B (respectievelijk 200 en 100 mm waterstandsval).

Tabel D-1 Kenmerken fictieve gebieden met waterbergende functie

	Gebied		
	A	B	A+B samen
Bergingsvolume (m <sup>3</sup> )	100	100	200
Waterstandsval (mm)	200	100	30
M <sup>3</sup> per mm waterstandsverschil	0.5	1	0.7

Voor gebied A geldt dat een afname van het bergingsvolume met  $0.5 \text{ m}^3$  leidt tot 1 mm waterstandsstijging ( $100 \text{ m}^3 : 200 \text{ mm} = 0.5 \text{ m}^3/\text{mm}$ ).

Gebied B is veel minder effectief, dus hier mag het volume met  $1 \text{ m}^3$  afnemen voordat de waterstand met 1 mm stijgt ( $100 \text{ m}^3 : 100 \text{ mm} = 1 \text{ m}^3/\text{mm}$ ).

Worden de gebieden vervolgens samen beschouwd, dan leidt dat weer tot een andere relatie, namelijk  $200 \text{ m}^3 : 300 \text{ mm} = 0.7 \text{ m}^3$  bergingsvolume per mm waterstandsstijging.

Deze op het eerste oog onlogische of eigenaardige optelsom is ook te zien in de Tabel 6-1. Afzonderlijk zouden in de Lob van Gennep en in Thorn Wesseem respectievelijk ongeveer 3000 en 950 huizen mogen worden gebouwd. Wanneer beide gebieden samen worden beschouwd dan neemt dat af tot in totaal ruim 2300 woningen.

Dit is een van de redenen waarom de 1mm eis lastig uitlegbaar en vertaalbaar is. Stel dat men in bovenstaande fictieve voorbeeld (Tabel D-1) zou beginnen met de begrenzing van de ontwikkelruimte in twee gebieden die samen de karakteristiek hebben van gebied B. Dan leidt dit tot een relatief ruime gebiedsbegrenzing: er mag  $1 \text{ m}^3$  bergingsvolume verloren gaan. Echter, wanneer later wordt besloten dat gebied A aan dit regime wordt toegevoegd, dan zal de ontwikkelruimte afnemen: er mag dan nog maar  $0.7 \text{ m}^3$  bergingsvolume verloren gaan. Dat zou betekenen dat er 30% minder huizen mogen worden gebouwd, terwijl het volume met 100% is toegenomen. Rekenkundig klopt het, maar het is heel lastig uitlegbaar. De 1% volume-eis heeft dat nadeel niet. Als er op een later moment gebieden met een bergende functie bijkomen waardoor het totale bergingsvolume toe neemt, dan resulteert dit ook altijd in een toename van het toegestane aantal te bouwen woningen.

Deltares is een onafhankelijk kennisinstituut voor toegepast onderzoek op het gebied van water en ondergrond. Wereldwijd werken we aan slimme oplossingen voor mens, milieu en maatschappij.

**Deltares**

[www.deltares.nl](http://www.deltares.nl)