

Verkenning vispasseerbaarheid stuw Stokkenspiek

Bachelor eindopdracht



Praktijkbegeleider: F. Koop
Begeleider: Dr.ir. J.F. Schyns
Tweede beoordelaar: Prof.dr.ing. K.T. Geurs

Naam: Jan Berend Mooijaart
Studentnummer: s1734660
Opleiding: Civiele Techniek
Onderwijsinstelling: Universiteit Twente
Datum: 7 Oktober 2018



UNIVERSITEIT TWENTE.

Voorwoord

Als onderdeel voor het afstuderen van de Bachelor Civiele Techniek is onderzoek gedaan bij Waterschap Vechtstromen. Hierbij is onderzoek gedaan naar de mogelijkheden om stuw Stokkenspiek in de Beneden Dinkel vispasseerbaar te maken. Door deze opdracht heb ik ervaring kunnen opdoen in het werken bij een overheidsinstantie gericht op waterbeheer in landelijk en stedelijk gebied.

Tijdens mijn opdracht ben ik aanraking gekomen met verschillende deskundige binnen het waterschap en ben ik erachter gekomen dat je van veel aspecten kennis moet hebben voor het uitvoeren van een onderzoek. Ik wil graag de mensen van het waterschap bedanken die betrokken zijn geweest bij mijn onderzoek. Verder wil ik graag Joep Schyns bedanken voor de begeleiding vanuit Universiteit Twente en Friso Koop voor de begeleiding vanuit het waterschap.

Samenvatting

Vanaf 2027 moeten alle Kaderrichtlijnwater (KRW) waterlichamen voldoen aan de eisen van het KRW. Een van de eisen van de KRW is dat de KRW-waterlichamen vispasseerbaar moeten zijn. In de Beneden Dinkel bevindt zich stuw Stokkenspiek, waardoor de Beneden Dinkel niet vispasseerbaar is. Om te voldoen aan de eisen van de KRW, zal de Beneden Dinkel vispasseerbaar moeten zijn. Het doel van dit onderzoek is inzicht krijgen in de mogelijkheden om de Beneden Dinkel vispasseerbaar te maken. Het onderzoek heeft zich gericht op de vraag: Welke maatregelen kan het Waterschap nemen om stuw Stokkenspiek vispasseerbaar te maken?

In figuur 1 is te zien welke stappen doorlopen zijn om tot het eindresultaat te komen. Er is inzicht verkregen in de huidige situatie van de Beneden Dinkel. Vervolgens zijn de eisen waaraan het ontwerp moet voldoen opgesteld door gebruik te maken van literatuur en gesprekken te voeren met deskundigen. Daarna zijn de ontwerpalternatieven opgesteld en is er een voorselectie gedaan. De ontwerpalternatieven zijn op te delen in drie verschillende groepen: het verwijderen van de stuw, het aanleggen van een nevengeul en technische vispassages.

De voorselectie is gedaan door de ontwerpalternatieven te toetsen aan de eisen en wensen door onder andere te kijken naar de stroomsnelheden en waterdieptes bij verschillende afvoeren (de zomerafvoer, de voorjaarsafvoer en de maatgevende afvoer) in de Beneden Dinkel. De stroomsnelheden en waterdieptes zijn berekend met vuistregels en eenvoudige berekeningen. Als de stuw wordt verwijderd zal het waterpeil in de Beneden Dinkel ver uitzakken tijdens lage afvoeren. Een technische vispassage voldoet aan de eisen als er een doorstroomopening is vanaf de bodem. Voor de technische vispassages is daarom alleen een vertical slot vispassage geschikt. Een nevengeul kan ook zodanig worden ontworpen dat het voldoet aan de eisen.

Vervolgens zijn de ontwerpalternatieven gecombineerd tot drie alternatieven: een nevengeul, een nevengeul met vertical slot vispassage in de nevengeul en een vertical slot vispassage. Deze drie alternatieven zijn verder uitgewerkt en geanalyseerd.

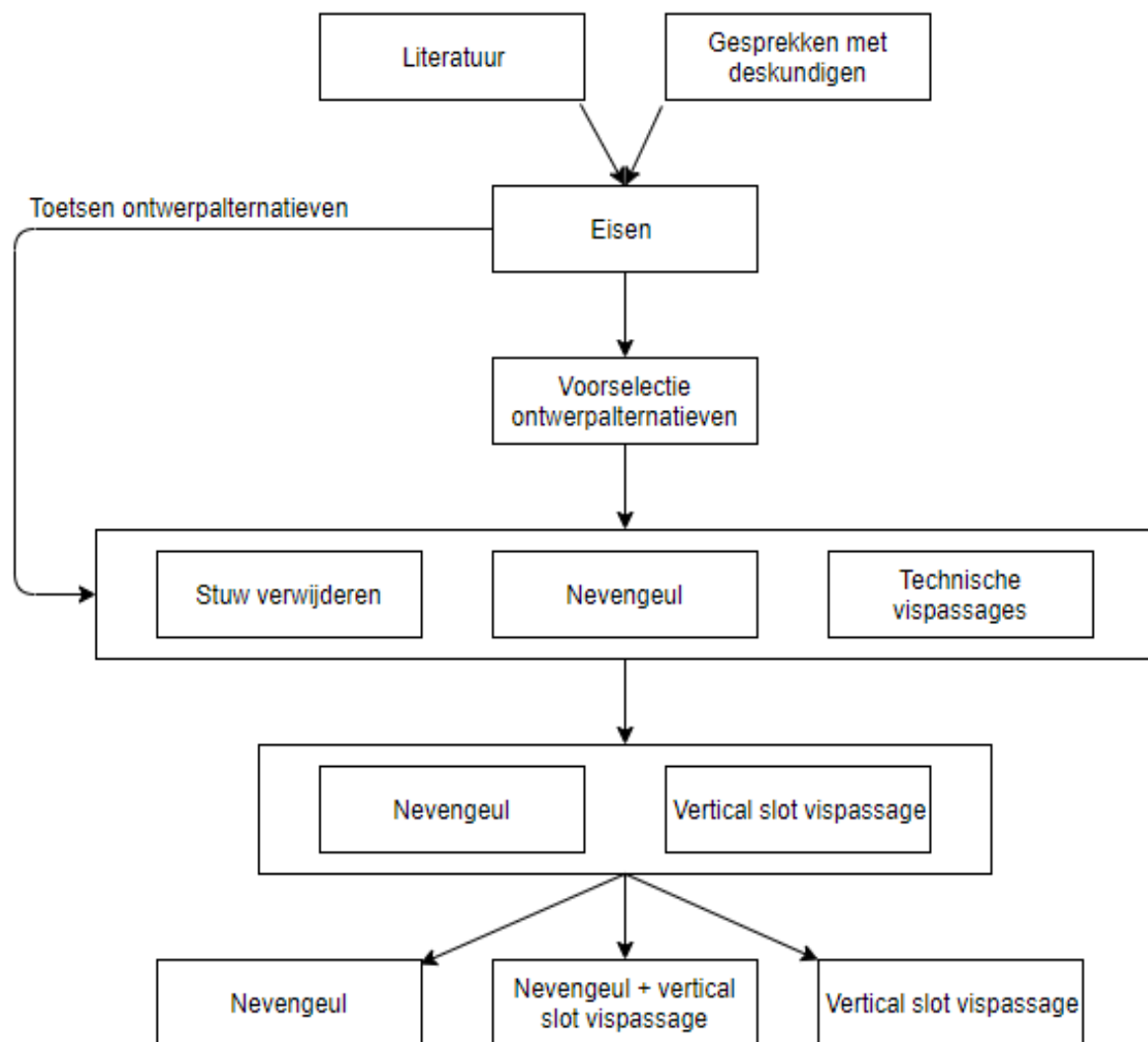
De aanleg van enkel een nevengeul is semi-natuurlijk en biedt vissen een schuil- en paai gebied. Nadelen van een nevengeul zijn een lager waterpeil in de Beneden Dinkel en het neemt veel ruimte in.

Bij het tweede alternatief, de aanleg van een nevengeul met een vertical slot vispassage zal het waterpeil in de Beneden Dinkel niet ver uitzakken. De nevengeul kan worden afgesloten bij lage afvoeren en vissen kunnen via de vertical slot vispassage gebruik maken van de nevengeul. Hierdoor wordt voorkomen dat het waterpeil in de Beneden Dinkel zakt.

Bij het derde alternatief wordt er een vertical slot vispassage aangelegd om de stuw heen. Bij dit alternatief kan het waterpeil in de Beneden Dinkel constant worden gehouden. De aanleg van een vertical slot vispassage neemt weinig ruimte in beslag. Het biedt daarentegen geen leefgebied voor de vissen.

De drie bovengenoemde alternatieven voldoen allemaal aan de eisen. Een nevengeul is het meest natuurlijk, maar zorgt voor peilverschillen in de Beneden Dinkel. Er zal onderzocht moeten worden of het peilverschil dat veroorzaakt wordt door de aanleg van de nevengeul acceptabel is. Ook zal onderzocht moeten worden of de ruimte gebruikt kan worden om een nevengeul aan te leggen. Als het waterpeil in de Beneden Dinkel niet dusdanig mag variëren en er is wel voldoende ruimte beschikbaar, kan er gekozen worden voor het alternatief nevengeul met vertical slot vispassage. Als

het blijkt dat de ruimte niet beschikbaar is kan er gekozen worden alleen een vertical slot vispassage aan te leggen.



Figuur 1: Schematisch overzicht methode

Inhoud

1.	Inleiding	7
1.1.	Probleemstelling.....	7
1.2.	Doelstelling.....	7
1.3.	Onderzoeksvragen.....	7
1.4.	Onderzoekskader	8
2.	Onderzoeksmethode.....	9
3.	Historisch beheer van de Dinkel.....	11
3.1.	Ontwikkeling in waterbeheer	11
3.2.	Waterbeheerplan van Stieltjes en Staring 1848.....	11
3.3.	Verbeterplan 1900	11
3.4.	Waterbeheerplannen 1941-1980.....	11
3.5.	Waterbeheerplannen 1980-2018.....	12
4.	Huidige situatie en kenmerken van de Beneden Dinkel	13
4.1.	Landgebruik	14
4.2.	Grondposities en bodemhoogte	14
4.3.	Vissoorten in de Beneden Dinkel	14
4.4.	Dwarsprofielen	15
4.5.	Lengteprofiel	15
5.	Eisen en wensen ontwerpalternatief	16
5.1.	Ontwerptechnische eisen.....	16
5.2.	Eisen en wensen actoren.....	17
5.3.	Randvoorwaarden hydrologie.....	18
5.4.	Synthese eisen en wensen	19
6.	Voorselectie ontwerpalternatieven	20
6.1.	Stuw verwijderen	20
6.2.	Nevengeul.....	24
6.3.	Technische vispassages	24
7.	Ontwerpen van semi-natuurlijke en technische alternatieven.....	27
7.1.	Nevengeul.....	27
7.2.	Nevengeul met vertical slot vispassage in nevengeul.....	31
7.3.	Vertical slot vispassage.....	34
8.	Conclusies en aanbeveling	37
9.	Discussie	39
	Bibliografie	40

Bijlage A – Afvoergegevens Beneden Dinkel.....	42
Bijlage B – Landgebruik	43
Bijlage C – Voorselectie alternatieven.....	44
Bijlage D – Kaarten studiegebied	47
Bijlage E – Nevengeul ontwerp	51
Bijlage F – Vertical slot vispassage in nevengeul.....	55
Bijlage G – Vertical slot vispassage in hoofdloop	56

1. Inleiding

In dit hoofdstuk zal eerst de achtergrond en aanleiding voor het doen van het onderzoek worden beschreven. Vervolgens zal het onderzoeksdoel en de onderzoeksvragen worden beschreven.

1.1. Probleemstelling

De Beneden Dinkel valt onder de Europese Kaderrichtlijn Water (KRW). Dit betekent dat de Beneden Dinkel in 2027 moet voldoen aan de ecologische en chemische normen die in de KRW zijn opgenomen. Om ervoor te zorgen dat de Beneden Dinkel in 2027 voldoet aan de eisen zullen er maatregelen moeten worden getroffen. Er is een lijst opgesteld met de maatregelen die getroffen moeten worden voor 2027 (Knol, 2015).

Eén van de maatregelen die genomen moet worden om aan de KRW te voldoen is het vispasseerbaar maken van stuw Stokkenspiek. De barrière voor vismigratie in de Beneden Dinkel zal moeten worden opgeheven. Dit kan gedaan worden door de stuw in zijn geheel te verwijderen. Ook zijn er andere mogelijkheden, zoals het graven van een nevengeul of een technische constructie. In deze studie zullen naast het verwijderen van de stuw ook andere opties worden verkend.

Door de aanwezigheid van stuw Stokkenspiek is de Beneden Dinkel niet bereikbaar voor migrerende vissen. Er is een peilverschil variërend tussen de 0,3 meter en 2 meter (zie bijlage A), waardoor vissen niet stroomopwaarts kunnen zwemmen en ook niet stroomafwaarts. Daarnaast is er weinig variatie in stroming (doordat water stagneert bovenstrooms van de stuw) en heeft er een verschuiving plaatsgevonden in aanwezige vissoorten. Vissen die langzaam stromend water/stilstaand water prefereren komen veel voor in de Dinkel (Gerlach, 2005).



Figuur 1.1: Stuw Stokkenspiek

1.2. Doelstelling

Het doel van het onderzoek is het in kaart te brengen van de verschillende opties die genomen kunnen worden om stuw Stokkenspiek vispasseerbaar te maken. Daarnaast zullen de effecten van de maatregelen worden beschreven.

1.3. Onderzoeksvragen

De hoofdvraag van het onderzoek luidt als volgt:

‘Welke maatregelen kan het Waterschap nemen om stuw Stokkenspiek vispasseerbaar te maken?’

Om de hoofdvraag te kunnen beantwoorden is deze opgedeeld in deelvragen.

1. Wat is de huidige situatie van de Beneden Dinkel?

- a. Wat is de huidige situatie?
- b. Hoe is de Beneden Dinkel tot de huidige situatie gekomen?

2. Aan welke eisen moet de maatregel moeten voldoen?

- a. Welke actoren zijn er betrokken?
- b. Wat zijn de eisen voor de Beneden Dinkel?

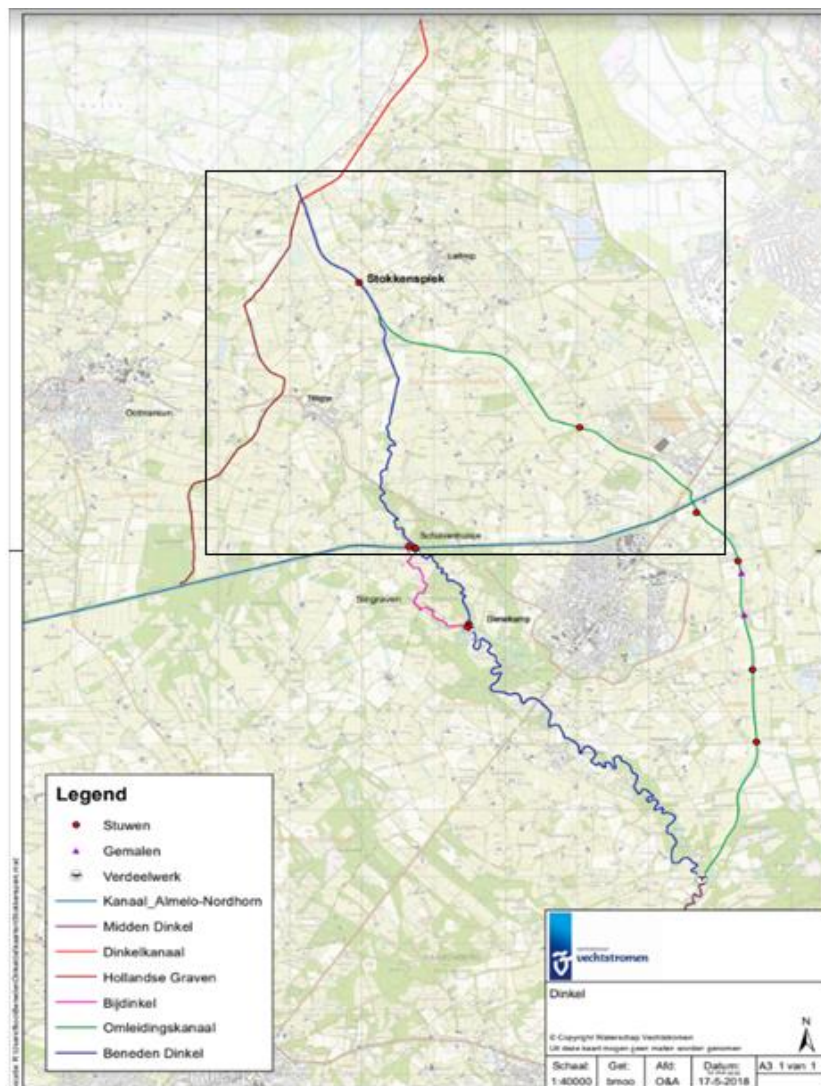
c. Wat zijn de ontwerpisen?

3. Welke maatregelen zijn er om stuw Stokkenspiek vispasseerbaar te maken en welke maatregel is het meest geschikt?

- a. Wat zijn de mogelijke alternatieven?
- b. Welke alternatieven zijn er mogelijk gezien de eisen en situatie?
- c. Wat zijn de effecten op de omgeving?
- d. Hoe dient het alternatief te worden ontworpen?

1.4. Onderzoekskader

Om te voldoen aan de ecologische normen van de Kaderrichtlijn Water zullen er naast stuw Stokkenspiek ook andere maatregelen getroffen moeten worden. De stuw bij het schuivenhuisje in kanaal Almelo – Nordhorn en de stuw bij Neuenhaus (Duitsland) zullen ook vispasseerbaar gemaakt moeten worden. Ook zullen er maatregelen moeten worden genomen om te voldoen aan de chemische toestand van de Kaderrichtlijn Water. Tijdens dit onderzoek zullen er maatregelen worden onderzocht in het gebied tussen Kanaal Almelo – Nordhorn tot aan de grens bij Duitsland en richt zich alleen op het vispasseerbaar maken van stuw Stokkenspiek (figuur 1.2).



Figuur 1.2: Studiegebied

2. Onderzoeksmethode

In dit hoofdstuk is per deelvraag beschreven hoe deze is beantwoord. In de eerste deelvraag is de geschiedenis en huidige situatie van het studiegebied beschreven.

1. Wat is de huidige situatie van de Beneden Dinkel?

Om deze deelvraag te beantwoorden is gebruik gemaakt van algemene literatuur naar het waterbeheer van de Dinkel (*van Kouwen, 2015*). Naast deze literatuur is er ook gebruik gemaakt van rapporten van Vechtstromen, zoals: *Inrichtings- en beheervisie voor de Dinkel en het Dinkeldal* (*van der Maarel, Worm, & Jansen, 1999*) en *De natuurwetenschappelijke betekenis van het Dinkelgebied* (*de Bruijn, z.d.*). Meetgegevens van het waterschap zijn gebruikt om de huidige situatie te beschrijven, hierbij is gebruik gemaakt van de bodemhoogtes en de afvoergegevens. Daarnaast is het studiegebied bezocht samen met Friso Koop. Tijdens dit veldbezoek zijn verschillende kunstwerken (zoals stuwen en het verdeelwerk) in de Dinkel bekeken en zijn het waterwingebied Rodenmors en het weidevogelgebied Ottershagen bezocht.

2. Aan welke eisen moet de maatregel voldoen?

De eisen en wensen van de maatregelen zijn gevonden door gebruik te maken van literatuur. Voor het ontwerpen van de alternatieven is gebruik gemaakt van twee handboeken: *Handreiking voor vispassages in Noord-Brabant* (*Coenen, Antheunisse, Beekman, & Beers, 2013*) en *Handboek vismigratie* (*Kroes & Monden, Vismigratie, een handboek voor herstel in Vlaanderen en Nederland, 2005*). In deze twee boeken staan richtlijnen voor het ontwerpen van een technische vispassage.

Naast het gebruik van literatuur hebben er gesprekken plaatsgevonden met verschillende deskundige binnen het waterschap. De gesprekken waren semigestructureerd. Er is gesproken met Bert Knol, die deskundig is op het gebied van de KRW. De vragen over de Kaderrichtlijn Water waren: 1) welke eisen gelden er vanuit de KRW, 2) hoe kan gecontroleerd worden of een waterlichaam voldoet aan de eisen van de KRW en 3) hoe vaak worden deze controles gedaan.

Henk Lansink is projectleider en heeft in het verleden projecten voor de Beneden Dinkel gedaan. De vragen aan Henk Lansink gingen over de betrokken partijen bij het uitvoeren van een project en de werkwijze om ervoor te zorgen dat een project succesvol kan worden uitgevoerd. Bas Worm is strategisch adviseur en heeft enkele rapporten aangeleverd over de Dinkel die gebruikt zijn in het onderzoek. Het gaat om de rapporten: *Inrichtings- en beheervisie voor de Dinkel en het Dinkeldal* (*van der Maarel, Worm, & Jansen, 1999*) en *De natuurwetenschappelijke betekenis van het Dinkelgebied* (*de Bruijn, z.d.*)

3. Welke maatregelen zijn er om stuw Stokkenspiek vispasseerbaar te maken en welke maatregel is het meest geschikt?

Om deze vraag te beantwoorden is er eerst een voorselectie van ontwerpalternatieven gedaan. Deze ontwerpalternatieven zijn bepaald door gebruik te maken van de *handreiking voor vispassage in Noord-Brabant* (*Coenen et al., 2013*) en het *handboek vismigratie* (*Kroes & Monden, Vismigratie, een handboek voor herstel in Vlaanderen en Nederland, 2005*). Ook hebben er verschillende gesprekken plaatsgevonden met Iwan de Vries (deskundige op het gebied van vismigratie). Met welke aspecten moet er rekening worden gehouden om te bepalen of een alternatief geschikt is. Er is een veldbezoek

gedaan om te kijken naar verschillende technische vispassages en een beeld te krijgen hoe deze functioneren. De ontwerpalternatieven uit de voorselectie zijn getoetst aan de eisen en wensen.

Na de voorselectie zijn er drie definitieve alternatieven ontworpen. De alternatieven zijn ontworpen door gebruik te maken van *de handreiking voor vispassage in Noord-Brabant (Coenen et al., 2013)*, het *handboek vismigratie (Kroes & Monden, Vismigratie, een handboek voor herstel in Vlaanderen en Nederland, 2005)* en het *handboek geomorfologisch beekherstel (Makaske & Maast, 2015)*. Bij het ontwerpen van de alternatieven hebben er ook gesprekken plaatsgevonden met Iwan de Vries. Om te bepalen of een alternatief geschikt is zijn deze getoetst aan de eisen die in de tweede deelvraag zijn bepaald. Hiervoor zijn afvoergegevens die gemeten zijn bij stuw Stokkenspiek tussen 2005 en 2018 gebruikt (Vechtstromen, 2018).

3. Historisch beheer van de Dinkel

De afgelopen 200 jaar is er in het waterbeheer van de Dinkel veel veranderd. Om de eerste deelvraag te beantwoorden zal in dit hoofdstuk de geschiedenis van het waterbeheer van de Dinkel worden beschreven.

3.1. Ontwikkeling in waterbeheer

De eerste waterbeheerplannen dateren van 1848. Aanleiding voor dit waterbeheerplan was een verslechterde waterhuishouding. De Dinkel trad snel buiten de oevers, als gevolg hiervan kwam land regelmatig onder water te staan. Een andere aanleiding voor het ontstaan van dit waterbeheerplan was de ontginning van hoogveengebieden. Door de ontginning was het veen niet meer in staat al het water op te nemen, waardoor er vaker overstromingen plaatsvonden. In droge periodes droogde de grond sneller uit. De verslechtering van de waterhuishouding zorgde ervoor dat men ging klagen en er een plan moest komen om deze problemen aan te pakken. Dit heeft geleid tot het eerste waterbeheerplan die in 1848 zijn gepubliceerd door W. Staring en T.J. Stieltjes.

3.2. Waterbeheerplan van Stieltjes en Staring 1848

Vanaf 1845 deden W. Staring en T.J. Stieltjes samen met drie andere opzichters onderzoek naar de problemen en brachten een advies uit hoe de waterhuishouding verbeterd kon worden. Voor de Dinkel betekende dit een zo vrij mogelijk afstroming en een constante afvoer. De problemen, zoals overstromingen moesten binnen het stroomgebied zelf opgelost worden. Hoge afvoeren zou afgevoerd moeten worden via een ander kanaal. De maatregelen die in het rapport van 1848 staan beschreven (Staring & Stieltjes, 1848) bestaan uit een regelmatig verval door het uitgraven van de bodem en ook zouden te scherpe bochten moeten worden afgesneden om het water beter af te laten voeren. Als laatste maatregel zouden er nieuwe bruggen aangelegd worden en bestaande bruggen zouden worden verbreed.

In 1872 werd er door Stieltjes opnieuw een rapport uitgebracht, omdat er nog steeds klachten waren over de waterhuishouding in het gebied. De maatregelen die in het plan van 1848 waren opgenomen, zijn niet allemaal uitgevoerd. De zienswijze van Stieltjes dat de Dinkel een constante afvoer moest hebben was niet veranderd. Het rapport bevatte daarom ook dezelfde maatregelen als het daarvoor uitgebrachte waterbeheerplan.

3.3. Verbeterplan 1900

Door onder andere een toename aan stedelijk gebied, nam de waterafvoer toe. Er waren plannen om de waterhuishouding te verbeteren. De vraag naar landbouwgrond nam toe. In het begin van de twintigste eeuw hadden de agrariërs baat bij de overstroming van het land. Omdat hierbij vruchtbare slib op het land kwam. Vanaf de jaren 20 begonnen zij kunstmest te gebruiken en hadden ze alleen nog maar last van de overstroming. Verbeteringen van de waterhuishouding liet op zich wachten. Om te voorkomen dat er overstromingen plaatsvonden tijdens de winter is het Dinkelkanaal gegraven tussen 1934 en 1936 (van Kouwen, 2015).

3.4. Waterbeheerplannen 1941-1980

Om verbeteringen door te voeren aan de Dinkel was er aansturing nodig. Waterschap Beneden Dinkel werd opgericht. Na de tweede wereldoorlog werden er verbeteringen aan de Dinkel uitgevoerd. Het Omleidingskanaal werd aangelegd om er voor te zorgen dat bij hoge afvoeren het stedelijk gebied van Denekamp niet zou overstromen. Door het aanleggen van het Omleidingskanaal kon bij hoge afvoeren

het water via dit kanaal worden afgevoerd. De aanleg van het Omleidingskanaal was in 1964 afgerond (van Kouwen, 2015).

Het waterschap Beneden Dinkel werd begin jaren 70 toegevoegd aan het waterschap Regge en Dinkel. Het stedelijk gebied groeide, waardoor de waterafvoer versneld werd. Ook moest er rekening worden gehouden met waterverontreiniging. Er waren nog geen maatregelen genomen aan het bovenstroomse gedeelte van de Dinkel. De Boven Dinkel werd deels gekanaliseerd en uitgebaggerd om de waterafvoer te verbeteren en de natuurlijke functie van de Dinkel in stand te houden. Grond van agrariërs werd gekocht door de overheid om de Boven Dinkel te kanaliseren.

3.5. Waterbeheerplannen 1980-2018

In het begin van deze periode was er aandacht voor natuur en recreatie. Door de rijksoverheid werd er een nieuw beleid opgesteld. Dit beleid zorgde ervoor dat de natuurlijke functie van de rivieren bleef bestaan. Bij het waterschap was het nieuwe beleid te zien. In 1999 werd de Dinkelvisie uitgebracht. Behoud van een natuurlijk riviersysteem was belangrijk. Rond het jaar 2000 werd een Dinkeldalregeling gemaakt door het waterschap, in deze regeling staat dat landbouwgrond af en toe kan overstromen. Grondeigenaren kregen hierbij een vergoeding voor de schade.

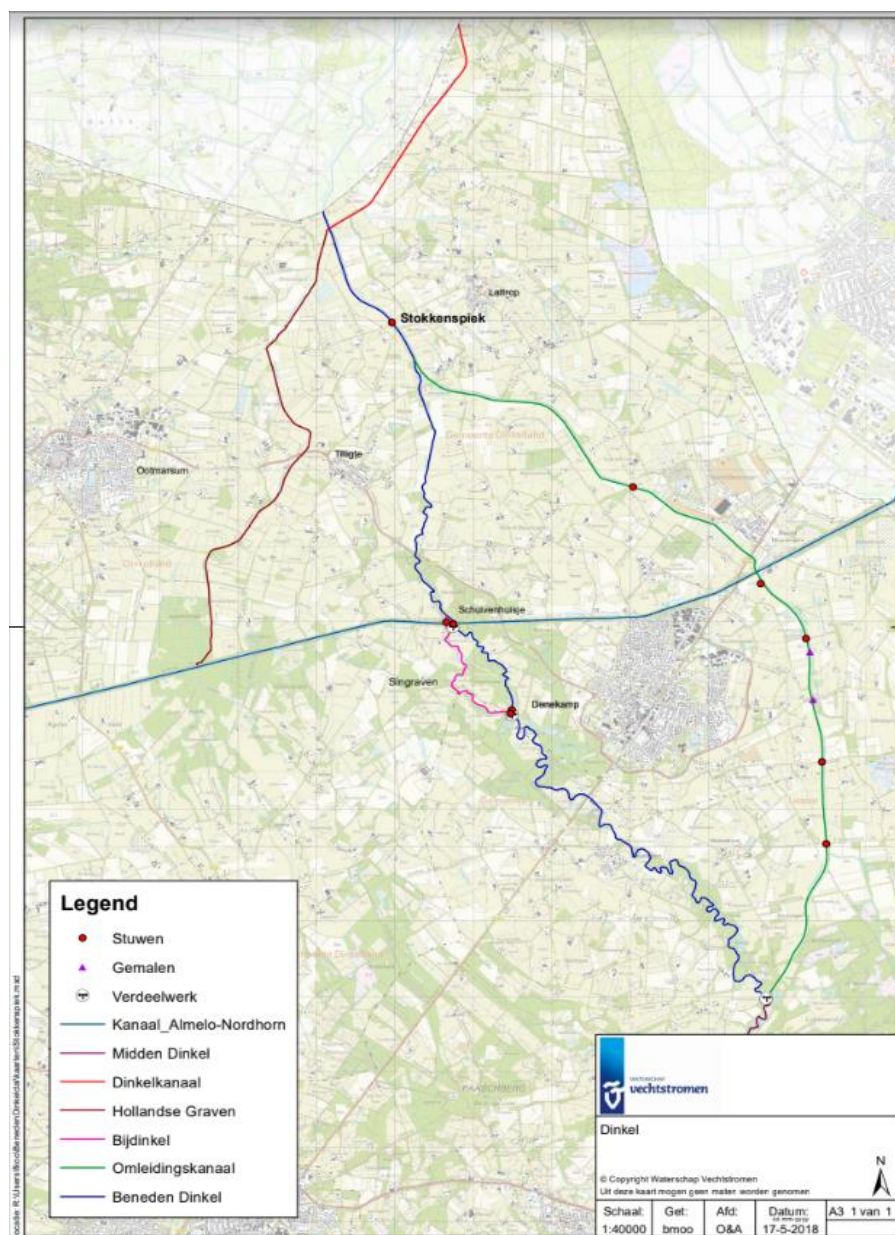
In 2000 werd de Europees Kaderrichtlijnwater geldig. Hierin zijn de richtlijnen opgenomen om ervoor te zorgen dat de Europese wateren in 2027 voldoen aan een goede kwaliteit. Het doel hiervan is dat rivieren, beken en oppervlaktewater natuurvriendelijk zijn ingericht.

Het laatste waterbeheerplan loopt van 2016-2021. De doelen in dit plan zijn: veilig water, voldoende water en schoon water (Waterschap Vechtstromen, 2015). In de laatste waterbeheerplannen is er ook aandacht voor klimaatverandering. Er zal rekening gehouden moeten worden met extremen. De komende eeuw zullen er grotere piekafvoeren plaatsvinden, maar ook periodes van droogte.

4. Huidige situatie en kenmerken van de Beneden Dinkel

In dit hoofdstuk wordt de eerste deelvraag beantwoord door de huidige situatie van de Beneden Dinkel te beschrijven.

Het studiegebied is weergegeven in figuur 4.1. De Midden Dinkel stroomt in noordelijke richting en bij het verdeelwerk splitst de Midden Dinkel in het Omleidingskanaal en de Beneden Dinkel. Door het verdeelwerk wordt er 7 m³/s afgevoerd via de Beneden Dinkel en afvoeren boven de 7 m³/s in de Midden Dinkel worden via het Omleidingskanaal afgevoerd (Waterschap Vechtstromen, 2018). De Beneden Dinkel stroomt vanaf het verdeelwerk in noordelijke richting langs de westkant van Denekamp en komt langs landgoed Singraven. Daarna passeert de Beneden Dinkel het schuivenhuisje dat ervoor zorgt dat het Kanaal Almelo-Nordhorn wordt gevoed met water. De Dinkel loopt onder het kanaal Almelo-Nordhorn door richting Lattrop. De Beneden Dinkel en het Omleidingskanaal komen bij Lattrop bij elkaar. Hierna stroomt de Beneden Dinkel via stuw Stokkenspiek richting Duitsland.



Figuur 4.1: Studiegebied

In de Beneden Dinkel wordt het water opgestuwd door stuw Stokkenspiek. Stuw Stokkenspiek bestaat uit drie kleppen, die afzonderlijk kunnen worden ingesteld. Bovenstrooms van stuw Stokkenspiek heeft de Beneden Dinkel een vast zomer- en winterpeil van 19.3 m NAP (zie bijlage A). Bij hoge afvoeren in de Beneden Dinkel wordt de klepstand van de stuw verlaagt om het waterpeil bovenstrooms op 19.3 m NAP te houden. Benedenstrooms van de stuw varieert het waterpeil tussen de 17.3 en 19.2 m NAP (zie bijlage A). Hierdoor is er een peilverschil van 0.1 m tot 2 meter door het jaar heen. De afvoer bij Stokkenspiek varieert van 0.13 m³/s tot 54 m³/s, zie bijlage A.

4.1. Landgebruik

Het afwateringsgebied van de Beneden Dinkel is 3355 ha en de lengte van de Beneden Dinkel tussen kanaal Almelo-Nordhorn en de Duitse grens is 5.9 kilometer (Knol, 2015). Het gebied wordt voor 75% gebruikt voor de landbouw, 18% is bos/natuur en 7% is stedelijk gebied (Knol, 2015). De landbouw in het gebied bestaat voornamelijk uit melkvee- en veehouderijbedrijven. De landbouwgrond wordt daarom voornamelijk gebruikt als gras- en maïsland (van der Maarel, Worm, & Jansen, 1999). Volgens de gebiedsbeheerder en peilbeheerder (persoonlijke communicatie, K. Zanderink, 13 juni 2018) zijn de agrariërs tevreden met de huidige situatie, waarin het waterpeil in de Beneden Dinkel een constant gestuwd peil heeft.

4.2. Grondposities en bodemhoogte

Aan de westkant van de Beneden Dinkel ter hoogte van stuw Stokkenspiek zijn er twee agrariërs die het grootste deel van de grond in bezit hebben. Een gedeelte van de grond is in bezit van Natuurmonumenten. Aan de oostzijde van de Beneden Dinkel zijn er meerdere grondbezitters. De grond is in bezit van vier verschillende agrariërs en een stuk grond is eigendom van Natuurmonumenten. De grondposities zijn weergegeven in figuur B.1 (bijlage B). De maaiveldhoogte ligt aan de westzijde op ongeveer 20 meter NAP. De maaiveldhoogte ligt aan de oostzijde 0.5-1 meter lager, zie figuur D.4 (bijlage B).

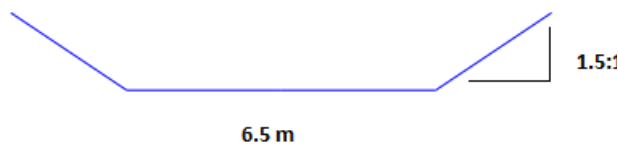
Benedenstrooms van stuw Stokkenspiek ligt natuurgebied Ottershagen, dat in bezit is van Natuurmonumenten. Ottershagen is een natuurgebied waar veel weidevogels leven. In het natuurgebied Ottershagen is er voldoende voedsel te vinden voor de weidevogels. Daarnaast kunnen vogels voldoende beschutting vinden wat het gebied geschikt maakt om jongen groot te brengen. Het Ottershagen is van oorsprong een moerasgebied, door aanpassingen in het waterbeheer is het gebied steeds droger. Door water op te pompen wordt er gezorgd dat het gebied niet te droog wordt (Natuurmonumenten, sd).

4.3. Vissoorten in de Beneden Dinkel

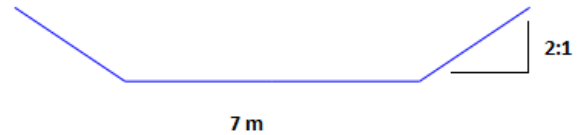
Het aantal verschillende vissoorten in de Beneden Dinkel is klein. In 2009, 2012 en 2015 zijn er metingen gedaan naar de visstand in de Beneden Dinkel. Twee van de meetpunten bevonden zich tussen stuw Stokkenspiek en kanaal Almelo-Nordhorn. De vissoorten die tijdens deze metingen zijn aangetroffen zijn: kolblei, brasem, paling, biermpje, snoek, riviergrondel, vetje, serpeling, baars, blankvoorn en zeelt (Vechtstromen, 2015). Belangrijke KRW-doelsoorten zoals de winde, kopvoorn, kwabaal en de rivierprik zijn tijdens deze metingen niet waargenomen. Deze vissoorten komen wel voor in de Vecht.

4.4. Dwarsprofielen

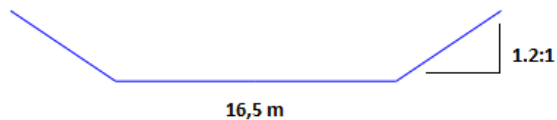
In de Beneden Dinkel zijn er tussen het kanaal Almelo-Nordhorn en Hollander Graven drie verschillende dwarsprofielen te onderscheiden. In het bovenste gedeelte (bij Kanaal Almelo Nordhorn) is de breedte van de bodem 6.5 meter en een talud van 1.5:1 (1.5 meter horizontaal is 1 meter verticaal). Verder stroomafwaarts wordt het talud minder steil 2:1 en is de bodem 7 meter breed. Vanaf het punt waar het Omleidingskanaal weer samen komt in de Dinkel is de bodembreedte 16.5 meter breed en heeft een talud van 1.2:1. In figuren 4.2-4.4, zijn de dwarsprofielen weergegeven.



Figuur 4.2: Dwarsprofiel bij Kanaal Almelo – Nordhorn



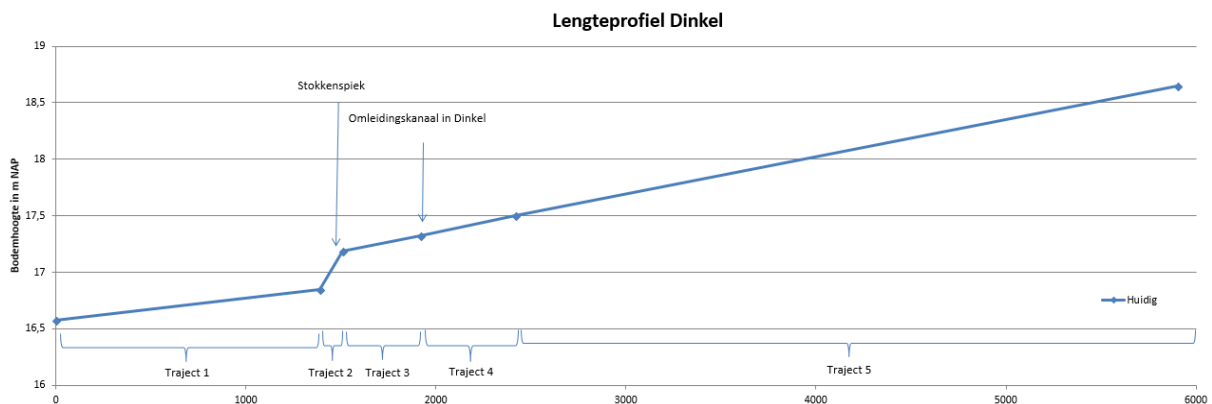
Figuur 4.3: Dwarsprofiel 2



Figuur 4.4: Dwarsprofiel 3 vanaf dat Omleidingskanaal in Dinkel komt

4.5. Lengteprofiel

Het lengteprofiel van de Dinkel tussen Hollander Graven en kanaal Almelo-Nordhorn is weergegeven in figuur 4.5. De bodemhoogtes zijn afkomstig van de meetgegevens van het waterschap (Waterschap Vechtstromen, 2012). De bodemhoogte bij kanaal Almelo – Nordhorn ligt op 18.65 m NAP. Hier heeft de Dinkel dwarsprofiel 1 (traject 5). 500 meter voor dat het Omleidingskanaal in de Dinkel komt is de bodemhoogte 17,5 meter hoog. Vanaf hier (traject 4). Op de plek waar het Omleidingskanaal in de Dinkel stroomt ligt de bodem op 17,32 m NAP. Vanaf deze plek heeft de Dinkel dwarsprofiel 3 (traject 3). Bovenstrooms van stuw Stokkenspiek ligt de bodem hoogte op 17,19 m NAP. Benedenstrooms ligt de bodemhoogte op 16,58 m NAP (traject 2). Bij kanaal Hollander graven heeft de Dinkel een bodemhoogte van 16,58 m NAP (traject 1).



Figuur 4.5: Lengteprofiel Dinkel

5. Eisen en wensen ontwerpalternatief

De maatregelen die genomen worden, moeten voldoen aan bepaalde eisen en wensen. In dit hoofdstuk zullen de eisen en wensen waaraan het ontwerpalternatief moet voldoen worden beschreven. Dit hoofdstuk geeft antwoord op de tweede deelvraag.

5.1. Ontwerptechnische eisen

De ontwerptechnische eisen zijn afhankelijk van het type alternatief. De ontwerpalternatieven bestaan uit: natuurlijk alternatief (verwijderen van de stuw), semi-natuurlijke alternatief (aanleggen nevengeul) en technische alternatieven (vispassages). Voor het natuurlijke alternatief gelden de eisen van het KRW. Het semi-natuurlijke alternatief moet aan de ontwerpeisen van een nevengeul voldoen. Een technische maatregel moet voldoen aan de eisen voor een vispassage.

5.1.1. Kaderrichtlijn Water

In het KRW zijn eisen opgesteld, die variëren per waterlichaam. Binnen het KRW zijn er vier verschillende categorieën te onderscheiden; meren, rivieren, overgangswateren en kustwateren. De categorieën zijn opgedeeld in verschillende types. De Dinkel wordt beschreven als type R6: de status van de Dinkel is sterk veranderd en de groep is 'langzaam stromende riviertjes op zand of klei' (Duursema, 2014). Voor de Beneden Dinkel gelden daarom de volgende richtlijnen (Altenburg, et al., 2012):

- Stroomsnelheid <50 cm/s
- Verhang <1 m/km
- Breedte tussen 8-25 meter

5.1.2. Nevengeul

Voor het ontwerp van een nevengeul gelden de volgende eisen (Coenen et al., 2013). De stroomsnelheid is maximaal 0.3-0.5 m/s om erosie te voorkomen. De stroomsnelheid hangt af van de grondsoort. De minimale waterdiepte in de nevengeul is 0.5 meter. De afvoer door de nevengeul moet tenminste 50 l/s zijn en moet ten minste 10% van de totale afvoer zijn.

5.1.3. Vispassage

Voor het ontwerpen van effectieve vispassages gelden er enkele vuistregels (Coenen et al., 2013). De vispassage moet ten minste 90% van de paaiperiode gebruikt kunnen worden. De paaiperiode varieert per vissoort. De paaiperiode van de kwabaal loopt van november tot maart. Andere soorten paaïen later, waardoor de vispassage in juli ook vispasseerbaar moet zijn. Daarnaast moet de stroomsnelheid lager zijn dan 1 m/s en de peilsprong tussen twee bekkens is maximaal 5 tot 8 cm. De minimale waterdiepte in de vispassage moet 50 centimeter zijn. De vispassage mag maximaal bestaan uit 35 bekkens waarbij er per 8 bekkens 1 rustbekken moet zijn. De energiedemping per bekken is maximaal 100 W/m³. (Coenen et al., 2013).

5.2. Eisen en wensen actoren

Naast de ontwerptechnische eisen moeten de alternatieven ook voldoen aan de eisen van de betrokken actoren. Daarnaast zal er ook rekening worden gehouden met de wensen van actoren.

5.2.1. Waterschap

De doelen van het waterschap zijn opgenomen in het waterbeheerplan van het Waterschap. De huidige doelen zijn beschreven in het waterbeheerplan 2016-2021. Op het gebied van vismigratie heeft het waterschap de volgende doelen gesteld. Er moet een effectief netwerk zijn waardoor vissen zich kunnen verplaatsen naar bovenstroomse wateren om voedsel te verzamelen, te paaïen en als opgroeigebied te gebruiken. Barrières zoals gemalen en stuwen zullen vispasseerbaar gemaakt worden op een kosteneffectieve manier. Daarnaast is de visie om beken en rivieren zo natuurlijk mogelijk in te richten. Maatregelen die hiervoor worden genomen zijn het aanleggen van natuurvriendelijke oevers en aanpassingen in het lengte- en dwarsprofiel. Door deze aanpassingen ontstaan er schuil- en paaiplaatsen voor macrofauna en vissen (Waterschap Vechtstromen, 2015).

Vanuit het waterschap zijn de volgende eisen en wensen opgesteld om stuw Stokkenspiek vispasseerbaar te maken. Er moet een alternatief komen die geschikt is voor alle vissen. Daarnaast is er de wens om een zo natuurlijk mogelijk oplossing te vinden voor deze barrière. Hierbij kan het geheel verwijderen van de stuw ook een optie zijn.

5.2.2. Natuurmonumenten

Het doel van Natuurmonumenten is het beheren en onderhouden van natuurgebieden. Het gebied Ottershagen is deels eigendom van Natuurmonumenten. Hier bevinden zich veel weidevogels door de aanwezigheid van voldoende voedsel. Daarnaast biedt dit gebied weidevogels een goede omgeving om zich voort te planten. Voor Natuurmonumenten is het belangrijk dat het gebied niet verdroogd. Natuurmonumenten heeft maatregelen getroffen om het gebied natter te maken.

5.2.3. Landbouw

Een groot gedeelte van het gebied wordt gebruikt door agrariërs, zie figuur C.4 (bijlage C). Agrariërs gebruiken de grond als grasland en om maïs te verbouwen. Het waterpeil van de Dinkel is van belang voor de agrariërs. De waterstand in de Dinkel beïnvloedt de grondwaterstand (Verhagen, Verwij, & Krikken, 2013). Bij een hoge waterstand kan de grond te nat worden waardoor er natschade aan de gewassen optreedt en kan het zo zijn dat het land niet meer bereikbaar is voor machines. Bij een te lage grondwaterstand kan er droogteschade aan de gewassen plaatsvinden. In de huidige situatie kent de Beneden Dinkel een vast streefpeil van 19.3 m NAP. Volgens de gebiedsbeheerder (persoonlijke communicatie, K. Zanderink, 13 juni 2018) zijn de agrariërs tevreden met het huidige situatie qua grondwaterstand en met het waterpeil in de Dinkel.

5.2.4. Waterwinning Rodenmors

In het studiegebied bevindt zich een waterwingebied Rodenmors van Vitens. Dit gebied ligt aan de oostkant van Denekamp. Door het onttrekken van water uit de grond, zakt het grondwaterpeil. Om dit te compenseren wordt er water via twee gemalen uit het Omleidingskanaal in het waterwingebied ingelaten. Er wordt 120 l/s onttrokken aan het Omleidingskanaal, tenzij de afvoer van de Dinkel lager is dan 300 l/s (van Vugt, et al., 2017). De inlaat gebeurt alleen in het groeiseizoen.

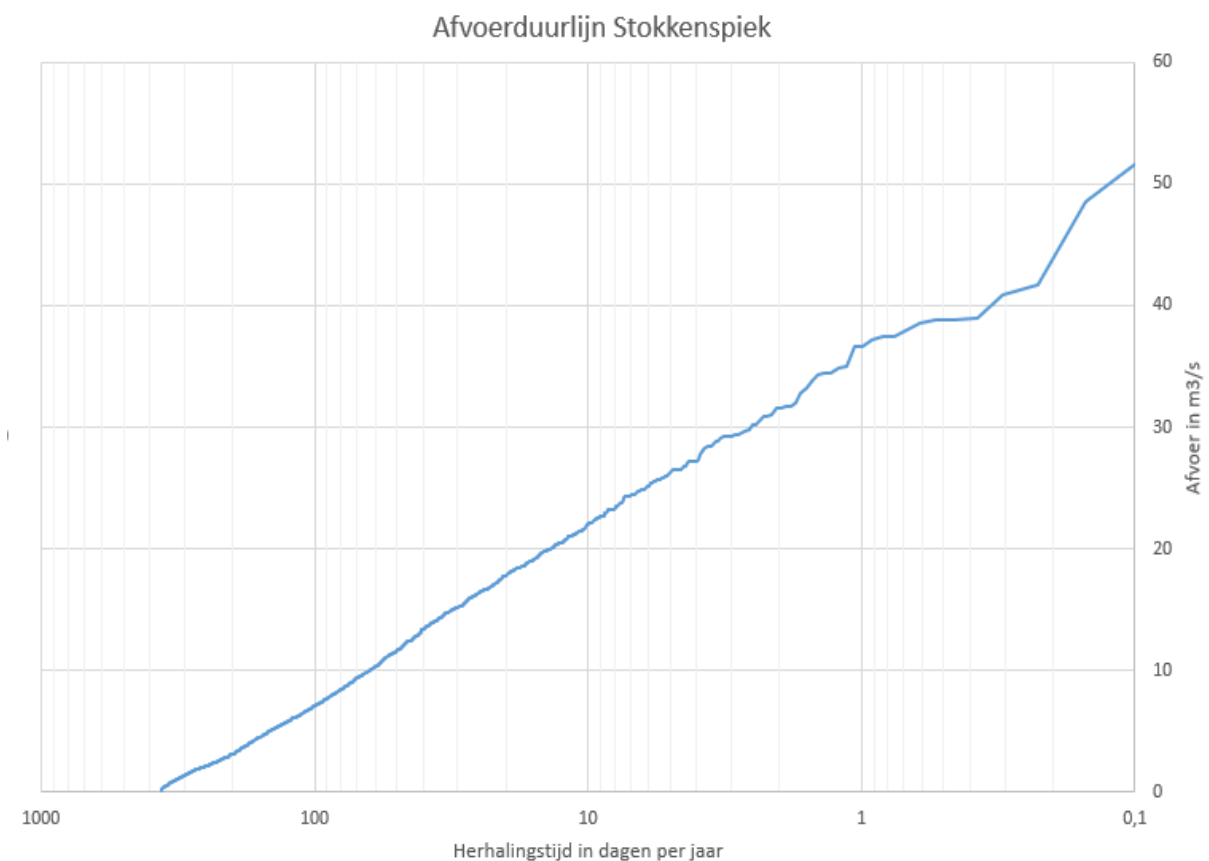
5.2.5. Nedersaksen

Het waterschap heeft een verdrag getekend met de Duitse deelstaat Nedersaksen. In dit verdrag staat dat de minimale afvoer naar Duitsland 300 l/s is (van Vugt, et al., 2017). Bij een te lage afvoer zal er geen water mogen worden onttrokken voor beregning en het gebied Rodenmors te compenseren.

5.3. Randvoorwaarden hydrologie

Om te toetsen of de maatregelen voldoen aan de eisen en wensen (zie 5.4), zijn onder andere de waterdieptes en stroomsnelheden bij verschillende afvoeren berekend. Hierbij is gekeken naar de gemiddelde zomerafvoer ($1/100Q$), de gemiddelde voorjaarsafvoer ($1/4Q$) en de maatgevende afvoer ($T1$). De gemiddelde zomerafvoer is de afvoer die 347 dagen wordt overschreden. De voorjaarsafvoer is de afvoer die tenminste 80 dagen per jaar wordt overschreden en de maatgevende afvoer is de afvoer 1 dag per jaar wordt overschreden.

In de afvoerduurlijn (figuur 5.1) is de afvoer uitgezet tegen het aantal dagen per jaar dat deze waarde wordt overschreden. De afvoerduurlijn is gemaakt met de gegevens die gemeten zijn bij Stokkenspiek tussen januari 2005 en april 2018 (Vechtstromen, 2018). De meetgegevens zijn omgezet in gemiddelde dag afvoeren. De gemiddelde zomerafvoer is $0.57 \text{ m}^3/\text{s}$, de gemiddelde voorjaarsafvoer is $8.47 \text{ m}^3/\text{s}$ en de maatgevende afvoer is $36.6 \text{ m}^3/\text{s}$.



Figuur 5.1: Afvoerduurlijn Stokkenspiek (gemiddelde dag afvoeren januari 2005 tot april 2018)

5.4. Synthese eisen en wensen

In tabel 5.1 zijn de eisen en wensen weergegeven die beschreven zijn in paragraaf 5.1 en 5.2. De eisen en wensen zijn opgedeeld in vier verschillende aspecten. In de eerste kolom is de eis/wens beschreven en wanneer deze voldoet. In de tweede kolom staat hoe de eis of wens wordt getoetst. Aan elke eis en wens is een code toegevoegd die in hoofdstuk 6 en 7 wordt gebruikt om de alternatieven te toetsen.

Tabel 5.1: Overzicht eisen en wensen alternatieven

Algemeen	Toetsingsmethode	Bron
Alternatief zo natuurlijk mogelijk (wens)	Beschrijven hoe natuurlijk alternatief is (A1)	Waterschap Vechtstromen, 2015
Verdroging Ottershagen voorkomen (wens)	Beschrijven van effect op de omgeving (A2)	Waterschap Vechtstromen, 2018
Effect op grondwaterstand minimaliseren (wens)	Effect op de omgeving bepalen (A3)	Waterschap Vechtstromen, 2018
Afvoer minimaal 0.3 m ³ /s richting Duitsland (eis)	Bepalen of er water wordt onttrokken uit hoofdloop (A4)	van Vugt, et al., 2017
Stuw verwijderen		
Stroomsnelheid tussen 0.2 en 0.5 m/s (eis)	Berekenen stroomsnelheid bij verschillende afvoeren (B1)	Altenburg, et al., 2012
Verhang maximaal 1 m/km (eis)	Bepalen verhang (B2)	Altenburg, et al., 2012
Breedte tussen 8 en 25 meter (eis)	Bepalen breedte (B3)	Altenburg, et al., 2012
Technische vispassage		
Ten minste 90% van de paaiperiode te gebruiken (eis)	Bij welke afvoeren in de hoofdstroom functioneert de vispassage (C1)	Coenen et al., 2013
Stroomsnelheid maximaal 1 m/s (eis)	Stroomsnelheid in vispassage berekenen (C2)	Coenen et al., 2013
Peilsprong tussen bekkens tussen 5 en 8 cm (eis)	Bepalen peilsprong tussen bekkens (C3)	Coenen et al., 2013
Waterdiepte ten minste 0.5 m (eis)	Berekenen minimale waterdiepte (C4)	Coenen et al., 2013
Maximaal 35 bekkens (eis)	Bepalen aantal bekkens (C5)	Coenen et al., 2013
Per 8 gewone bekkens 1 rustbekken (eis)	Bepalen aantal rustbekkens (C6)	Coenen et al., 2013
Maximale energiedemping 100 w/m ³ (eis)	Berekenen energiedemping per bekken (C7)	Coenen et al., 2013
Geschikt voor alle vissoorten (eis)	Opening tot aan de bodem (C8)	Coenen et al., 2013
Nevengeul		
Stroomsnelheid tussen 0.3 en 0.5 m/s (eis)	Berekenen stroomsnelheid (D1)	Coenen et al., 2013
Waterdiepte ten minste 0.5 m (eis)	Berekenen waterdiepte bij verschillende afvoeren (D2)	Coenen et al., 2013
Ten minste 10% van de totale afvoer en ten minste 50 l/s (eis)	Vergelijken afvoer nevengeul t.o.v. totale afvoer en bepalen minimale afvoer hoofdloop (D3)	Coenen et al., 2013

6. Voorselectie ontwerpalternatieven

Er zijn verschillende alternatieven om de Beneden Dinkel vispasseerbaar te maken. In dit hoofdstuk wordt er een voorselectie gedaan van de verschillende ontwerpalternatieven. De voorselectie bestaat uit: het verwijderen van de stuw, het aanleggen van een nevengeul en technische vispassages. De ontwerpalternatieven zullen worden beschreven en er zijn simpele berekeningen gedaan. Om te bepalen of een alternatief voldoet wordt er gerefereerd naar tabel 5.1.

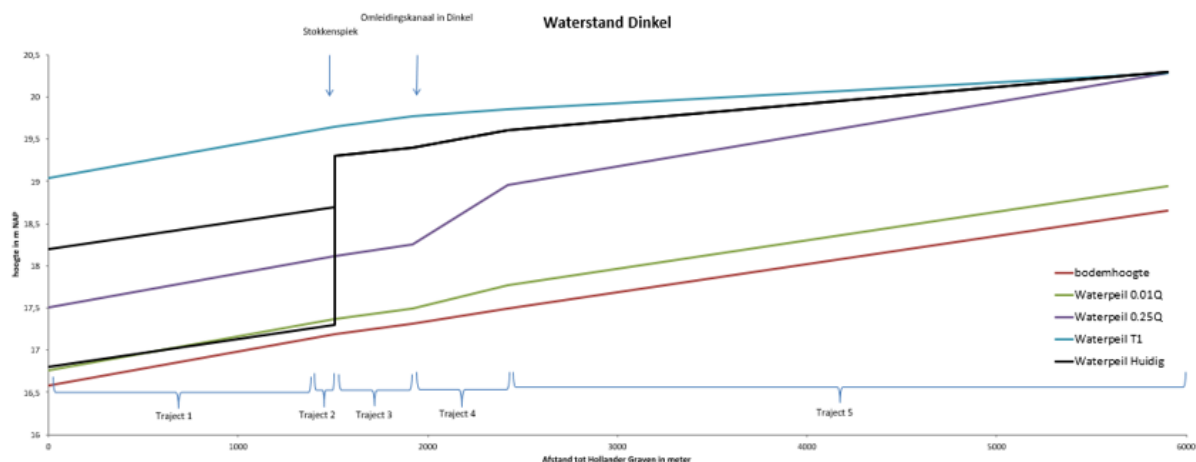
6.1. Stuw verwijderen

In dit type alternatief zal de stuw worden verwijderd en zullen er maatregelen worden getroffen om het hoogteverschil bij verwijdering van de stuw op te vangen. Het voordeel van een natuurlijk alternatief is dat de natuurlijke situatie wordt hersteld. Er zullen meer verschillende leefomgevingen (afwisselende stroming, schuilplekken) ontstaan, waardoor stroom minnende vissoorten naar het gebied komen. De migratie voor vissen en andere diersoorten verbetert, zowel in het water als over de oever.

Nadelen van deze oplossingsrichting zijn dat de kosten van de maatregelen hoog kunnen zijn, door de afvoer van grond. Daarnaast zal het waterpeil in de Beneden Dinkel sterk variëren, wat gevolgen heeft op de grondwaterstand.

6.1.1. Variant 1 – Verwijderen stuw en hoogteverschil opvangen tussen Stokkenspiek en Hollander Graven

In deze variant zal stuw Stokkenspiek worden verwijderd en zal het bijkomende verval worden opgevangen tussen Stokkenspiek en het Hollander Graven. Het lengteprofiel en het waterpeil van deze variant is weergegeven in figuur 6.1. In de huidige situatie heeft de Beneden Dinkel tot Stokkenspiek een vast zomer- en winterpeil van 19.3 m NAP. In deze variant zal het waterpeil bij een 1/100Q zakken naar 17.37 meter bij Stokkenspiek. De voorjaarsafvoer (1/4 Q) geeft een waterpeil van 18.12 m NAP bij Stokkenspiek en een T1 afvoer geeft een waterstand van 19.65 meter NAP. Tussen de zomerafvoer (1/100Q) en de voorjaarsafvoer (1/4Q) verschilt de waterdiepte 0.75 meter. Tussen de zomerafvoer en de maatgevende afvoer (T1) verschilt de waterdiepte 2.27 meter. Alle bijbehorende waterdieptes zijn weergegeven in Figuur C.1 en C.3 (bijlage C) en de respectievelijke stroomsnelheden zijn weergegeven in figuur C.2 en C.4 (bijlage C). Een overzicht hiervan is te vinden in tabel 6.1.



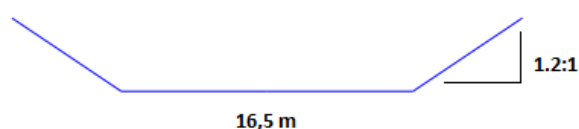
Figuur 6.1: Waterpeil Beneden Dinkel variant 1

Tabel 6.1: Waterdieptes en stroomsnelheden Beneden Dinkel variant 1 met ruwheidscoëfficiënt 0,035

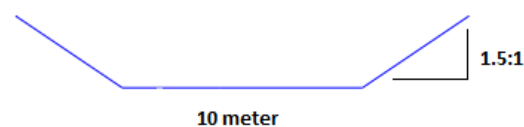
	Traject 1	Traject 2	Traject 3	Traject 4	Traject 5
Stroomsnelheid					
1/100 Q	0.19 m/s	0.19 m/s	0.19 m/s	0.25 m/s	0.3 m/s
1/4 Q	0.51 m/s	0.51 m/s	0.48 m/s	0.53 m/s	0.54 m/s
T1	0.84 m/s	0.84 m/s	0.68 m/s	0.53 m/s	0.54 m/s
Waterdiepte					
1/100Q	0.18 m	0.18 m	0.18 m	0.27 m	0.3 m
1/4Q	0.93 m	0.93 m	1.01 m	1.45 m	1.63 m
T1	2.45 m	2.45 m	2.65 m	1.45 m	1.63 m

6.1.2. Variant 2 – Verwijderen stuw en aanpassen dwarsprofiel

In de eerste variant is te zien dat bij lage afvoeren 1/100Q en 1/4Q het waterpeil lager is dan in de huidige situatie. Een aanpassing in het dwarsprofiel kan ervoor zorgen dat het waterpeil bij lage afvoeren hoger is. In traject 1 tot en met 3 is het huidige dwarsprofiel zoals is weergegeven in figuur 6.2. In deze variant zal het dwarsprofiel in traject 1 tot en met 3 worden aangepast. De breedte van de bodem zal 10 meter worden en het talud zal worden gewijzigd van 1.2:1 naar 1.5:1. Het nieuwe dwarsprofiel is weergegeven in figuur 6.3. De bodemhoogtes zoals in variant 1 zullen ook in deze variant van toepassing zijn.

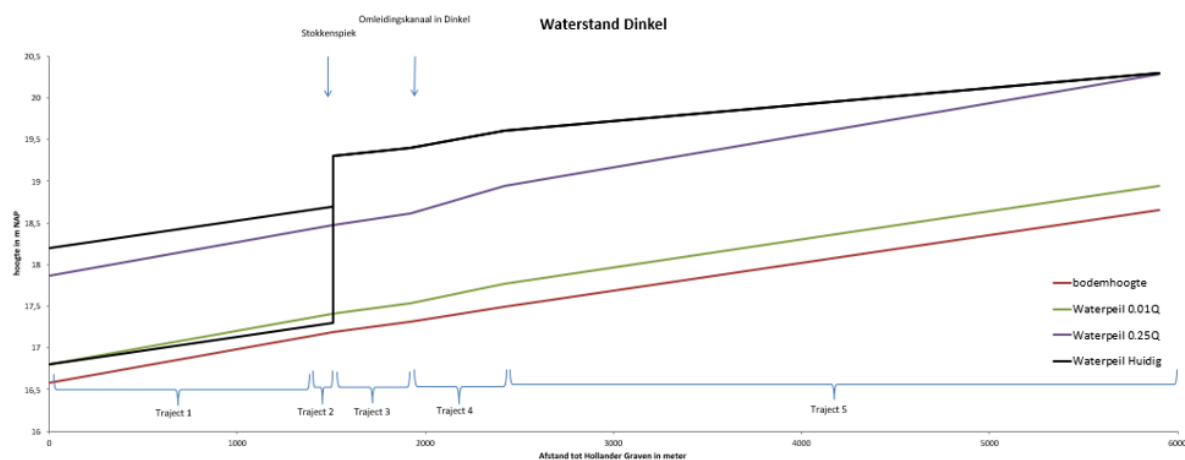


Figuur 6.2: Huidig dwarsprofiel traject 1,2,3



Figuur 6.3: Nieuw dwarsprofiel traject 1,2,3

De waterpeilen bij verschillende afvoeren is weergegeven in figuur 6.2. De waterstanden zullen bij lage afvoeren stijgen in traject 1,2,3 in vergelijking tot variant 1. De stroomsnelheden en waterdieptes zijn weergegeven in tabel 6.2. Tussen de zomerafvoer (1/100Q) en de voorjaarsafvoer (1/4Q) varieert de waterdiepte met 1.07 meter. Tussen de zomerafvoer (1/100Q) en de maatgevende afvoer (T1) verschilt de waterdiepte 3.47 meter.



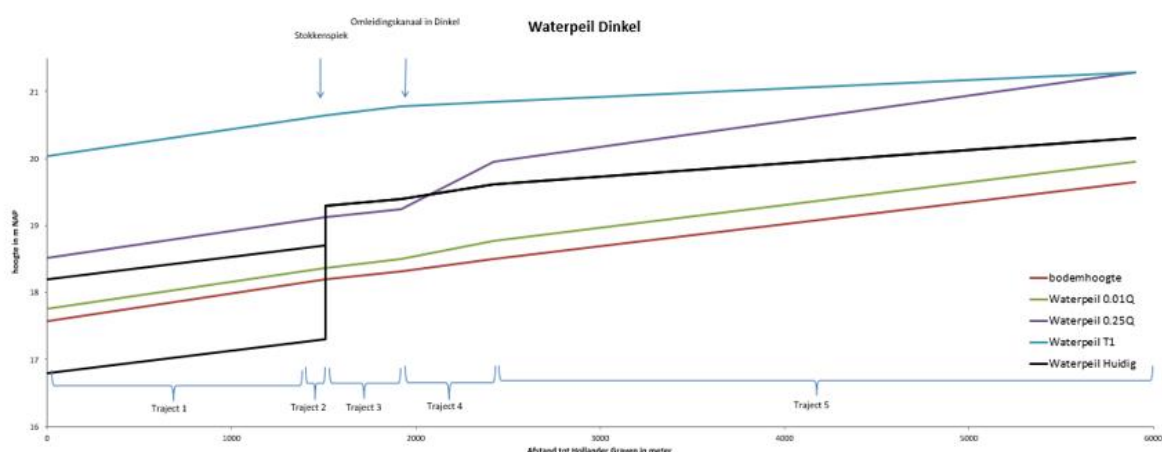
Figuur 6.4: Waterpeil Beneden Dinkel variant 2

Tabel 6.2: Waterdieptes en stroomsnelheid Beneden Dinkel variant 2

	Traject 1	Traject 2	Traject 3	Traject 4	Traject 5
Stroomsnelheid					
1/100Q	0.22 m/s	0.22 m/s	0.2 m/s	0.25 m/s	0.3 m/s
1/4Q	0.58 m/s	0.58 m/s	0.39 m/s	0.53 m/s	0.54 m/s
T1	0.86 m/s	0.86 m/s	0.78 m/s	0.53 m/s	0.54 m/s
Waterdiepte					
1/100Q	0.22 m	0.22 m	0.24 m	0.27 m	0.3 m
1/4Q	1.29 m	1.29 m	1.53 m	1.45 m	1.63 m
T1	3.69 m	3.69 m	4.05 m	1.45 m	1.63 m

6.1.3. Variant 3 – Stuw verwijderen en bodem ophogen

Uit de voorgaande varianten blijkt dat bij afvoeren van 1/100Q en 1/4Q het waterpeil lager is dan in de huidige situatie. Om het waterpeil gedurende het hele jaar hoger te krijgen, kan de bodemhoogte worden verhoogd. Hierdoor zal bij een lage waterdiepte het waterpeil hoger zijn. Een aanpassing van de bodemhoogte zal ervoor zorgen dat de waterpeilen hoger zijn. Het waterpeil in de Beneden Dinkel zal blijven variëren gedurende het jaar. De bodemhoogte zal in traject 1 tot en met 5 worden opgehoogd met 1 meter. Het dwarsprofiel zal hetzelfde zijn als in variant 1. De waterpeilen na het ophogen van de bodem zijn weergegeven in figuur 6.3. Bij het ophogen van de bodemhoogte zal het waterpeil bij een zomerafvoer 0.83 meter lager liggen (bovenstrooms van de stuw) en bij een voorjaarsafvoer zal het waterpeil 0.18 meter lager liggen dan in de huidige situatie. Benedenstrooms zal het verhogen van de bodem ervoor zorgen dat het waterpeil 1.07 meter hoger ligt dan in de huidige situatie. Bij een voorjaarsafvoer zal het waterpeil benedenstrooms 0.3 meter hoger liggen dan in de huidige situatie.



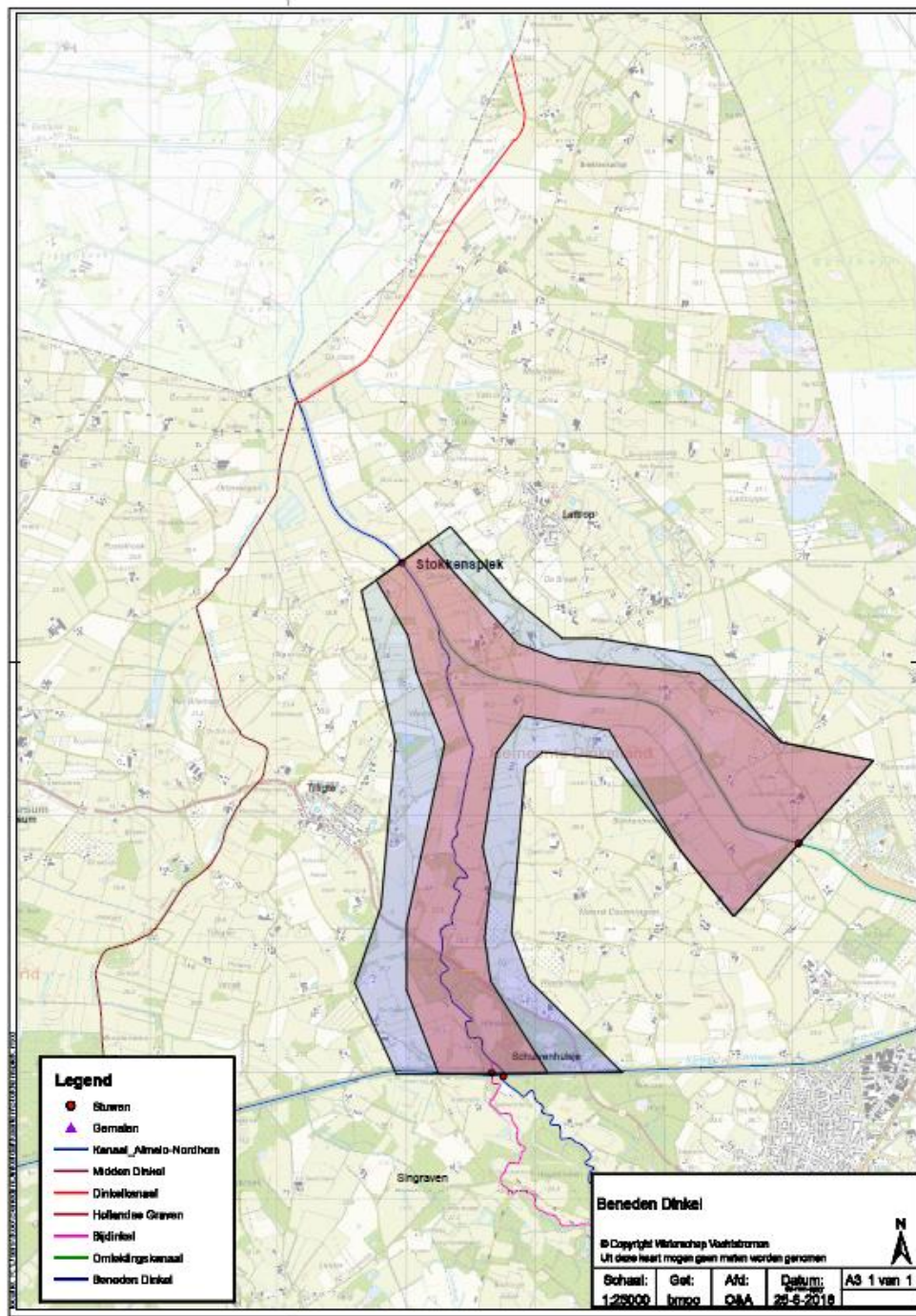
Figuur 6.5: Waterpeil Beneden Dinkel variant 3

6.1.4. Effect op de omgeving

Het verwijderen van de stuw zal zorgen voor peilverschillen in de Beneden Dinkel. Deze peilverschillen zullen effect hebben op de omgeving. Aan de hand van de spreidingslengte kaarten (figuur D.2 en D.3 in bijlage D) wordt bepaald tot waar de effecten zullen reiken. Op de spreidingslengtekaarten is de afstand weergegeven tot welke afstand een ingreep effect heeft. Om een indicatie te geven tot waar de maatregel effect heeft wordt een vuistregel gebruikt. De afstand tot waar een ingreep effect heeft is drie keer de afstand die weergegeven is op de spreidingslengte kaart. Als het waterpeil op een locatie

veranderd en op de spreidingslengtekaart wordt 200-300 meter weergegeven dan zal het effect 600-900 meter zijn. De spreidingslengte kaarten zijn een concept en geven alleen een indicatie tot waar een ingreep effect heeft.

Bij het verwijderen van de stuw, zal in het hele traject tussen Stokkenspiek en kanaal Almelo-Nordhorn het waterpeil veranderen. Het rode gebied geeft aan tot waar de effecten in de zomer effect hebben bij een verandering van het waterpeil en het blauwe gebied geeft aan tot waar een waterpeil verandering effect heeft op de omgeving in de winter (figuur 6.4). Een peilverandering in de Dinkel zal in de directe omgeving gepaard gaan met een grondwaterstand verandering van 1:1 (figuur D.1). Bij een waterpeilverhoging van 0.3 meter zal de grondwaterstand stijgen met 0.3 meter, (bijlage D).



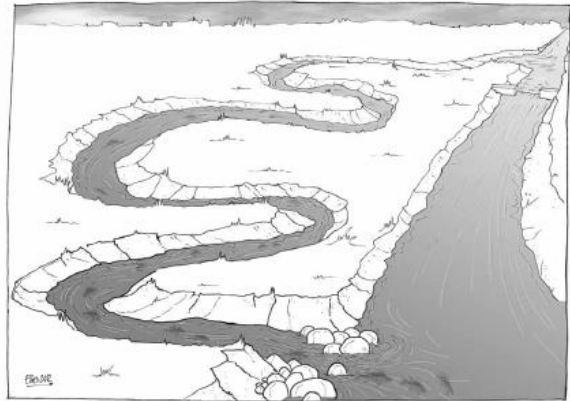
Figuur 6.6: Effect op omgeving na verwijderen stuw

6.1.5. Conclusie stuw verwijderen

Het verwijderen van de stuw leidt tot grote peilverschillen. Bij de voorjaarsafvoer en maatgevende afvoer is de stroomsnelheid groter dan 0.5 m/s en voldoet de Beneden Dinkel niet aan de technische eis B.1. Ook zijn er grote peilverschillen gedurende het jaar. Tussen de zomer- en voorjaarsafvoer is er een verschil in waterdiepte van meer dan 1 meter. Het effect van een peilverandering heeft een 1:1 effect op de grondwaterstand in de omgeving. Hierdoor voldoet geen van de besproken maatregelen aan eis A2 en A3. De natuurlijke maatregelen zullen daarom ook niet verder worden uitgewerkt.

6.2. Nevengeul

Er kan een nevengeul worden gegraven om de stuw heen. De voordelen van een semi-natuurlijke oplossing zijn onder andere de natuurlijke vorm, het dienen als potentieel leefgebied voor vissen en er is een beperkte hoeveelheid peilbeheer mogelijk. De nadelen van een nevengeul zijn dat het veel ruimte inneemt en dat het een drainerend effect op de directe omgeving. Bij lage debieten kan het waterpeil zakken. Om de lengte van de nevenbeek te verkleinen, kunnen er drempels worden toegevoegd. Voor de aanleg van een nevengeul is er een minimale afvoer nodig van 50 l/s, om ervoor te zorgen dat de minimale waterhoogte van 0.5 meter wordt bereikt (Coenen et al., 2013). Als richtlijn zal ten minste 10% van de afvoer door de hoofdstroom via de nevengeul worden afgevoerd, zodat de lokstroom sterk genoeg is (Coenen et al., 2013).



Figuur 6.7: schematische weergave nevengeul

6.2.1. Conclusie nevengeul

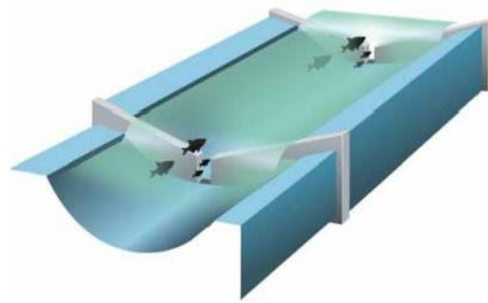
De afvoer van de Beneden Dinkel is het hele jaar hoger dan 50 l/s, zie bijlage A. Met een afvoer van 50 l/s zal het mogelijk zijn een nevengeul te ontwerpen met een waterdiepte van >50 cm en een stroomsnelheid tussen de 0.3 m/s en 0.5 m/s. Bij een nevengeul zal het water bovenstrooms van de stuw de Beneden Dinkel verlaten en stroomt benedenstrooms van de stuw terug de Beneden Dinkel in. Hierbij wordt er geen water onttrokken aan de Dinkel. Een nevengeul kan op natuurlijke wijze worden ingericht. Doordat peilbeheer mogelijk is (in de ontwerpfase), zullen de effecten op de omgeving kleiner zijn dan bij het verwijderen van de stuw. Een nevengeul voldoet dus aan de eisen A1-A4 en D1-D3 zoals beschreven in hoofdstuk 5. In hoofdstuk 7 zal dit type alternatief verder worden uitgewerkt.

6.3. Technische vispassages

Als technische oplossing zijn er veel verschillende varianten. Technische oplossingen zijn compact, relatief goedkoop en kunnen worden ontworpen naar eisen van het peilbeheer. Daar staat tegenover dat dit soort oplossingen vaak onderhoudsintensief zijn. Technische vispassages raken snel verstopt, waardoor ze regelmatig moeten worden gecontroleerd of ze werken. De lokstroom van een technische oplossing is beperkt. Daarnaast levert een technische oplossing geen extra habitat. In de ontwerpfase zal er rekening gehouden worden met de lokstroom en de openingen tussen bekkens, waardoor de vispassage zo optimaal mogelijk werkt.

6.3.1. Bekkenvispassage

Een bekkervispassage kan zowel in de hoofdloop als in een nevengeul worden aangelegd. De drempels van deze bekkervispassage kunnen op verschillende manieren worden ontworpen op basis van de afvoer en ontwerpeisen. De vispassage moet geschikt zijn voor vissoorten die zowel over de bodem zwemmen, als in het wateroppervlak (zie hoofdstuk 5). Als er gebruik wordt gemaakt van een V-overlaat, zullen bodemzwemmers niet in staat zijn om door de vispassage heen te zwemmen. In de V-overlaat zal daarom een *vertical slot* moeten worden aangebracht, zie figuur 6.5.

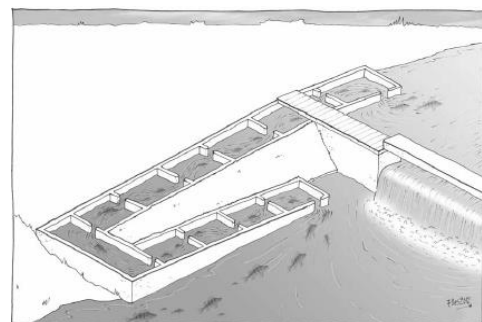


Figuur 6.8: V-vormige overlaat met vertical slot

Bij een bekkervispassage kan er gebruik worden gemaakt van natuurlijke materialen, waardoor deze een natuurlijke uitstraling krijgt. Bij het gebruik van drempels met een vertical slot, zal de minimale afvoer 250 l/s zijn (Coenen et al., 2013). De 1/100Q afvoer van de Dinkel is 560 l/s en voldoet dus aan de eisen voor een bekkervispassage met V-overlaat en vertical slots.

6.3.2. Vertical slot vispassage

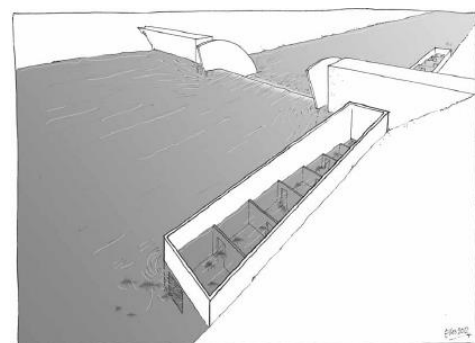
Een vertical slot vispassage bestaat uit bakken die worden gescheiden door schotten met een opening vanaf de bodem tot aan de bovenkant van de vispassage, zie figuur 6.6. De minimale afvoer voor een vertical-slot vispassage is 150 l/s. Een vertical slot vispassage is geschikt voor alle vissoorten en kan eenvoudig worden afgesloten.



Figuur 6.9: vertical slot vispassage

6.3.3. De Wit vispassage

Een de wit vispassage is vergelijkbaar met een vertical slot vispassage. De opening in een de wit vispassage is onderwater, zie figuur 6.10. Hierdoor zal de lokstroom niet over de gehele waterkolom zijn. Ook is de afvoer van een de wit vispassage gelimiteerd. Afhankelijk van de afmetingen van de openingen zal de afvoer van een de wit vispassage 42 l/s tot 300 l/s zijn (Coenen et al., 2013). De lokstroom van een de Wit vispassage wordt zwakker als de afvoer in de Beneden Dinkel hoger is dan 0.6 m³/s. Hierdoor is een de Wit vispassage minder geschikt dan een vertical slot vispassage.



Figuur 6.10: De wit vispassage

6.3.4. Conclusie technische vispassages

Een technische vispassage moet voldoen aan de voorwaarden A1-A4 en C1-C9. Een technische vispassage is een niet natuurlijke oplossing en zorgt ook niet voor een leefomgeving voor vissen. Een technische maatregel zal weinig effect hebben op de omgeving. Een technische vispassage wordt ontworpen op het streefpeil, waardoor het waterpeil in de Beneden Dinkel niet zal uitzakken. Doordat

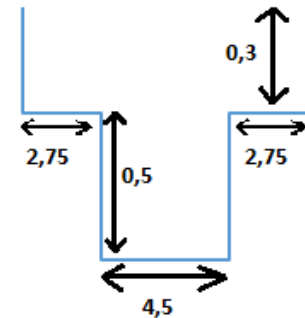
het waterpeil in de Beneden Dinkel niet zal uitzakken zal de aanleg van een technische vispassage ook geen effect hebben op de grondwaterstand. Bovenstrooms van de stuw zal er water de vispassage instromen en stroomt bij de uitgang van de vispassage terug de Beneden Dinkel in. Er zal hierbij geen water worden onttrokken aan de Beneden Dinkel. Om ervoor te zorgen dat de vispassage geschikt is voor alle vissen, zal er rekening moeten worden gehouden met bodemzwemmers. Bodemzwemmers zullen ook in de vispassage over de bodem zwemmen, waardoor er een opening tussen bekkens tot aan de bodem nodig is. Een technische vispassage voldoet aan de algemene eisen A2-A4 en C8. Een technische vispassage voldoet niet aan wens A1.

7. Ontwerpen van semi-natuurlijke en technische alternatieven

In dit hoofdstuk zullen er drie verschillende alternatieven worden ontworpen. deze bestaan uit alternatieven uit de voorselectie en een combinatie daarvan. Het eerste alternatief is de aanleg van een nevengeul, het tweede alternatief is een nevengeul met een vertical slot vispassage in de nevengeul en het laatste alternatief is een vertical slot vispassage om de stuw heen.

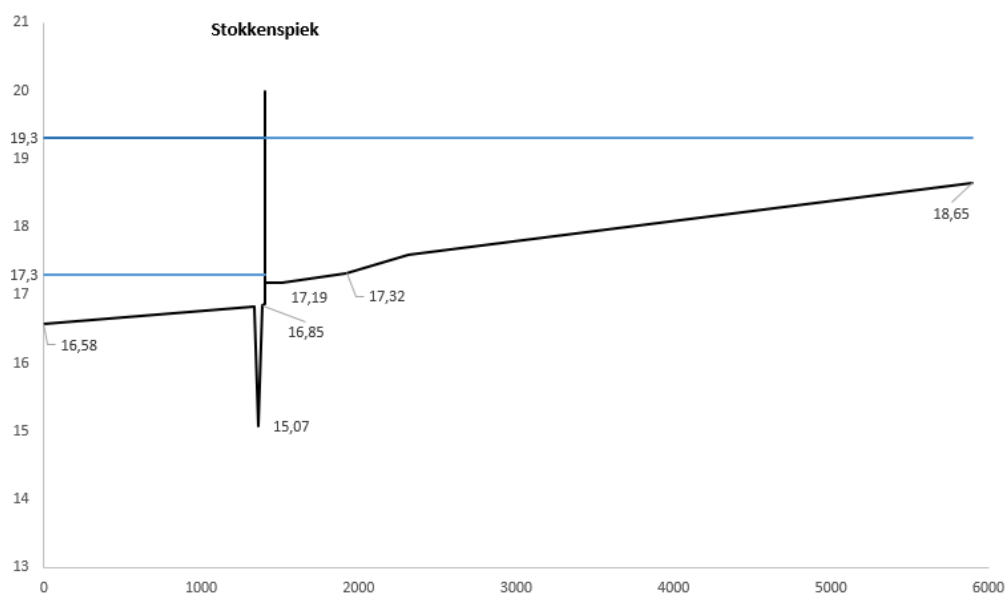
7.1. Nevengeul

De methode en berekeningen die gedaan zijn voor het ontwerpen en toetsen van de nevengeul zijn weergegeven in bijlage E. In figuur 7.1 is de huidige situatie weergegeven. De nevengeul zal een peilverschil van 2 meter opvangen en is ontworpen op een afvoer van $1.5 \text{ m}^3/\text{s}$. Bij deze ontwerpafvoer is de lokstroom van de nevengeul sterk genoeg als de afvoer in de Beneden Dinkel toeneemt. Als er een hogere ontwerpafvoer wordt gekozen zakt het peil in de Beneden Dinkel verder uit als de afvoer in de Beneden Dinkel gelijk is aan de zomerafvoer van $0.57 \text{ m}^3/\text{s}$. Het dwarsprofiel is zodanig ontworpen dat als de afvoer in de Beneden Dinkel hoger is dan $1.5 \text{ m}^3/\text{s}$, het waterpeil in de Beneden Dinkel gelijk



Figuur 7.2: dwarsprofiel nevengeul

blijft aan het huidige waterpeil van 19.3 m NAP. De nevengeul heeft tot een hoogte van 0.5 meter een bodembreedte van 4,5 meter en daarboven is de breedte 10 meter (figuur 7.2). Doordat de breedte van de nevengeul bovenin breder is, zakt het waterpeil in de nevengeul en Beneden Dinkel minder wanneer de afvoer in de Beneden Dinkel lager is dan de ontwerpafvoer. De lengte van de nevengeul is 2 kilometer en heeft een verhang van 1 m/km . In de nevengeul zullen waterplanten en struiken aanwezig zijn, daarnaast zal er dood hout in de nevengeul worden aangebracht om de weerstand van de nevengeul te verhogen. De ruwheid van een geul met waterplanten en dood hout is $0.07 \text{ m}^{-1/3\text{s}}$ (Kroes & Monden, Vismigratie, een handboek voor herstel in Vlaanderen en Nederland, 2005). De inrichting van de nevengeul biedt vissen een schuilplaats en kan gebruikt worden als paai gebied.



Figuur 7.1: Schematische weergave huidige situatie

De waterdiepte in de nevengeul hangt af van de afvoer in de Beneden Dinkel. Als de afvoer in de Beneden Dinkel hoger is dan 1.5 m³/s is de waterdiepte in de nevengeul 0.8 meter en het waterpeil in de Beneden Dinkel 19.3 m NAP. Als de afvoer in de Beneden Dinkel lager is dan 1.5 m³/s, zal de waterdiepte in de nevengeul afnemen en zal het peil in de Beneden Dinkel zakken. Figuur E.6 geeft de waterdiepte in de nevengeul weer bij de afvoer.

De stroomsnelheid in de nevengeul hangt af van de waterdiepte in de nevengeul. In figuur E.5 is de stroomsnelheid weergegeven bij de waterdiepte in de nevengeul. In tabel 7.1 zijn de stroomsnelheden en waterdieptes in de nevengeul bij de zomer- voorjaars en maatgevende afvoer weergegeven. Ook is het waterpeil in de Beneden Dinkel bij deze afvoeren weergegeven.

Tabel 7.1: Waterdieptes en stroomsnelheid nevengeul bij zomer-, voorjaars- en maatgevende afvoer.

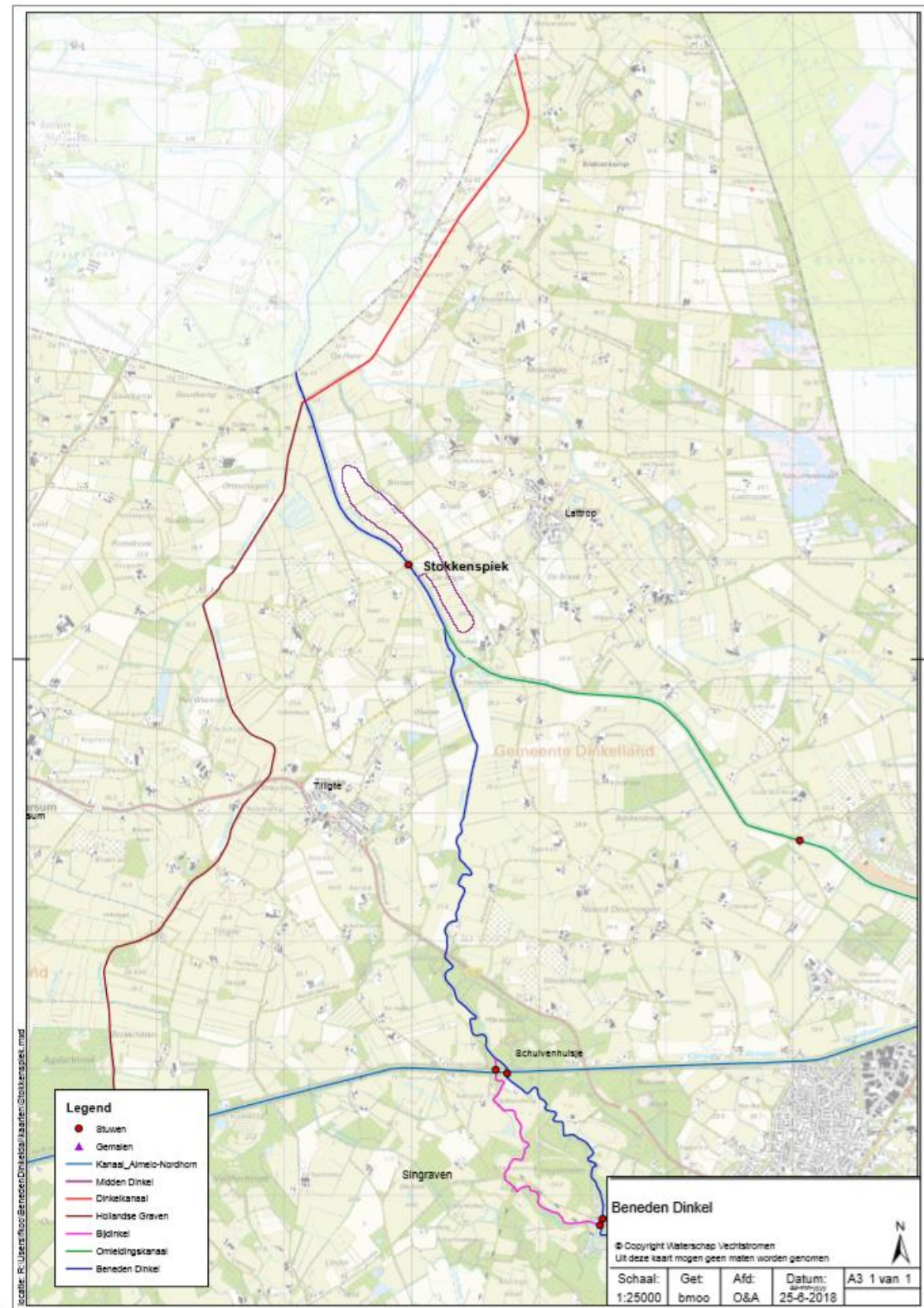
	1/100Q afvoer (0.57 m ³ /s)	1/4Q afvoer (8.5 m ³ /s)	T1 afvoer (36.7 m ³ /s)
Afvoer hoofdloop (via Beneden Dinkel)	0	7 m ³ /s	35.2 m ³ /s
Afvoer nevengeul	0.57 m ³ /s	1.5 m ³ /s	1.5 m ³ /s
Waterdiepte nevengeul	0.5 meter	0.8 meter	0.8 meter
Stroomsnelheid nevengeul	0.25 m/s	0.34 m/s	0.34 m/s
Waterpeil Beneden Dinkel	19.0 m NAP	19.3 m NAP	19.3 m NAP

De nevengeul kan aan de oostkant worden aangelegd zoals is weergegeven in figuur 7.3. Aan de oost zijde van de Beneden Dinkel is de maaiveldhoogte 0.5 – 1 meter lager dan aan de west zijde (figuur B.1). Het zakken van de grondwaterstand als gevolg van een peilverlaging zal aan de oostzijde een minder groot effect hebben op de omgeving dan aan de westzijde.

De nevengeul moet voldoen aan eisen en wensen A1-A4 en D1-D3. In tabel 7.2 is per eis en wens aangegeven of het ontwerp voldoet. Het ontwerp voldoet aan A1, A4 en D2. Als de afvoer in de Beneden Dinkel lager is dan 1.5 m³/s, zakt het waterpeil in de nevengeul en de Beneden Dinkel. Het waterpeil in de Beneden Dinkel zakt bij een zomerafvoer van 0.57 m³/s tot 19.0 m NAP en de waterdiepte in de nevengeul zal dan ook met 0.3 meter zakken. Het zakken van het waterpeil in de Beneden Dinkel zal effect hebben op de grondwaterstand in de nabije omgeving. De stroomsnelheid in de nevengeul is tijdens de zomerafvoer onder de 0.3 m/s. De stroomsnelheid van 0.25 m/s is een gemiddelde stroomsnelheid. De stroomsnelheid in de nevengeul is niet overal hetzelfde. In het midden van de waterkolom zal de stroomsnelheid groter zijn dan op de bodem en aan de rand. Vissen die behoefte hebben aan de hogere stroomsnelheid, zullen de plekken opzoeken waar de stroomsnelheid het sterkst is. De afvoer van de nevengeul moet ten minste 10% zijn van de hoofdloop, om ervoor te zorgen dat de lokstroom sterk genoeg is en vissen de nevengeul kunnen vinden. Als de afvoer van de Beneden Dinkel hoger is dan 15 m³/s wordt de lokstroom zwakker en zullen vissen meer moeite hebben met het vinden van de nevengeul.

Het alternatief voldoet aan de meeste eisen en wensen. Het voordeel van dit alternatief is dat de nevengeul een natuurlijk alternatief is. Door de inrichting biedt het vissen een gebied om te schuilen en te paaien. De nadelen van het alternatief zijn dat het veel ruimte inneemt en dat bij lage afvoeren het waterpeil in de Beneden Dinkel zakt, wat effect heeft op de grondwaterstand in de omgeving.

Daarnaast is het mogelijk dat bij hoge afvoeren in de Beneden Dinkel kan het zijn dat vissen de nevengeul niet kunnen vinden. De lokstroom kan worden versterkt door extra water aan de uitstroomopening toe te voegen.



Figuur 7.3: Locatie nevengeul

Tabel 7.2: Toetsen ontwerp

Eis	Toetsingsmethode	Waarde
Alternatief zo natuurlijk mogelijk (wens)	Beschrijven hoe natuurlijk alternatief is (A1)	Het alternatief is semi-natuurlijk. Door de inrichting van de nevengeul krijgt de geul een natuurlijke karakter.
Verdroging Ottershagen voorkomen (wens)	Beschrijven van effect op de omgeving (A2)	Bij afvoeren onder de 1.5 m ³ /s zakt het waterpeil in de Beneden Dinkel.
Effect op grondwaterstand minimaliseren (wens)	Effect op de omgeving bepalen (A3)	Het waterpeil in de Beneden Dinkel zakt maximaal 0.3 meter. Dit heeft gevolgen voor de grondwaterstand in de omgeving.
Afvoer minimaal 0.3 m ³ /s richting Duitsland (eis)	Bepalen of er water wordt onttrokken uit hoofdloop (A4)	Er wordt geen water onttrokken.
Stroomsnelheid tussen 0.3 en 0.5 m/s (eis)	Berekenen stroomsnelheid (D1)	Bij de zomerafvoer is de stroomsnelheid in de Beneden Dinkel 0.25 m/s. Bij de voorjaars en maatgevende afvoer is de stroomsnelheid 0.34 m/s
Waterdiepte ten minste 0.5 m (eis)	Berekenen waterdiepte bij verschillende afvoeren (D2)	De waterdiepte in de nevengeul is 0.8 meter als de afvoer in de Beneden Dinkel groter is dan 1.5 m ³ /s. Het waterpeil in de nevengeul zakt bij de zomerafvoer tot 0.5 meter.
Ten minste 10% van de totale afvoer en ten minste 50 l/s	Vergelijken afvoer nevengeul t.o.v. totale afvoer en bepalen minimale afvoer hoofdloop (D3)	De minimale afvoer door de nevengeul is 560 l/s. De afvoer in de nevengeul is maximaal 1.5 m ³ /s. Als de afvoer in de Beneden Dinkel hoger is dan 15 m ³ /s, dan zwakt de lokstroom af.

7.2. Nevengeul met vertical slot vispassage in nevengeul

Een van de nadelen van het vorige alternatief is dat het waterpeil in de Beneden Dinkel zakt als de afvoer in de Beneden Dinkel lager is dan $1.5 \text{ m}^3/\text{s}$. Door het aanleggen van een vertical slot vispassage in de nevengeul kan de nevengeul worden afgesloten zodra de afvoer in de Beneden Dinkel lager is dan $1.5 \text{ m}^3/\text{s}$. Hierdoor wordt voorkomen dat het waterpeil in de Beneden Dinkel uitzaakt. De berekeningen en methode die gebruikt zijn voor het ontwerpen van dit alternatief zijn te vinden in bijlage F.

De Beneden Dinkel heeft een zomerafvoer ($1/100Q$) van $0.57 \text{ m}^3/\text{s}$, een voorjaarsafvoer ($1/4Q$) van $8.5 \text{ m}^3/\text{s}$ en een maatgevende afvoer ($T1$) van $36.7 \text{ m}^3/\text{s}$. De nevengeul is ontworpen op een afvoer van $1.5 \text{ m}^3/\text{s}$. Als de afvoer in de Beneden Dinkel hoger is dan $1.5 \text{ m}^3/\text{s}$ zal de opening van de nevengeul niet worden afgesloten en hoeven vissen geen gebruik te maken van de vertical slot vispassage. Als de nevengeul wordt afgesloten wordt de totale afvoer door de nevengeul $0.57 \text{ m}^3/\text{s}$. Hierdoor blijft het waterpeil in de Beneden Dinkel het hele jaar constant op 19.3 meter NAP. Het waterpeil in de nevengeul zal hierdoor 0.3 meter zakken (tabel 7.1). Dit peilverschil zal worden opgevangen door de vertical slot vispassage in de nevengeul.

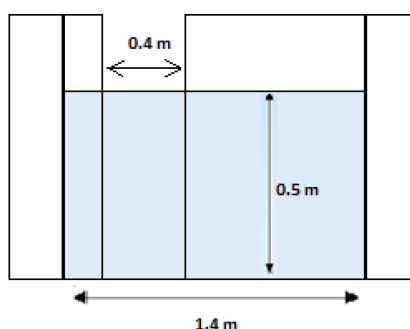
De vertical slot vispassage bestaat uit 4 kamers en 5 slots (figuur 7.4). Het verval per slot is 6 centimeter en de breedte van een slot is 0.4 meter. De breedte van een kamer is 1.2 meter en de lengte 1.5 meter. De waterdiepte is 50 centimeter.

Tabel 7.3: Eigenschappen vertical slot vispassage in nevengeul

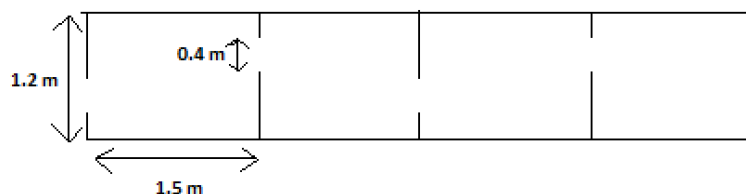
Lengte kamer (L)	1.5 meter
Breedte kamer (B)	1.2 meter
Verval per slot (Δh)	6 centimeter
Breedte slot (b)	0.4 meter
Waterdiepte (y_0)	50 centimeter

De stroomsnelheid in de technische vispassage is 0.76 m/s en de afvoer is $0.15 \text{ m}^3/\text{s}$ (bijlage F). De energiedemping in een kamer is 97.9 W/m^3 (bijlage F).

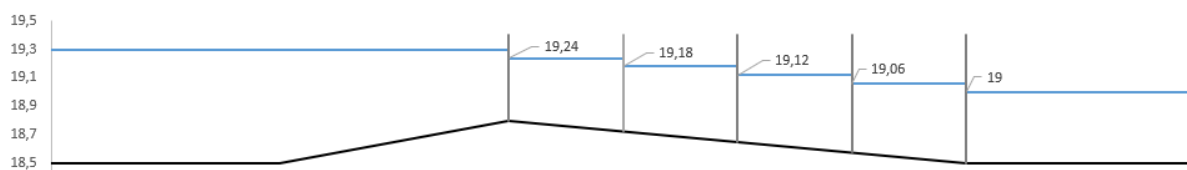
De vispassage in de nevengeul moet voldoen aan wensen en eisen A1 – A4 en C1 – C8. Het alternatief voldoet aan de A2-A4 en C2-C8 (tabel 7.5). Door de technische constructie in de nevengeul is het alternatief minder natuurlijk dan het eerste alternatief. Het voordeel van dit alternatief ten opzichte van het eerste alternatief is dat het waterpeil in de Beneden Dinkel en de grondwaterstand in de nabije omgeving niet zal zakken. De nadelen van dit alternatief ten opzichte van het eerste alternatief zijn dat het alternatief minder natuurlijk is en de aanlegkosten hoger zijn. Het alternatief neemt bovendien ook veel extra ruimte in rondom de Beneden Dinkel.



Figuur 7.4: Dwarsprofiel vertical slot vispassage



Figuur 7.5: Boveaanzicht vertical slot vispassage



Figuur 7.6: Lengtedoorsnede vertical slot vispassage in nevengeul

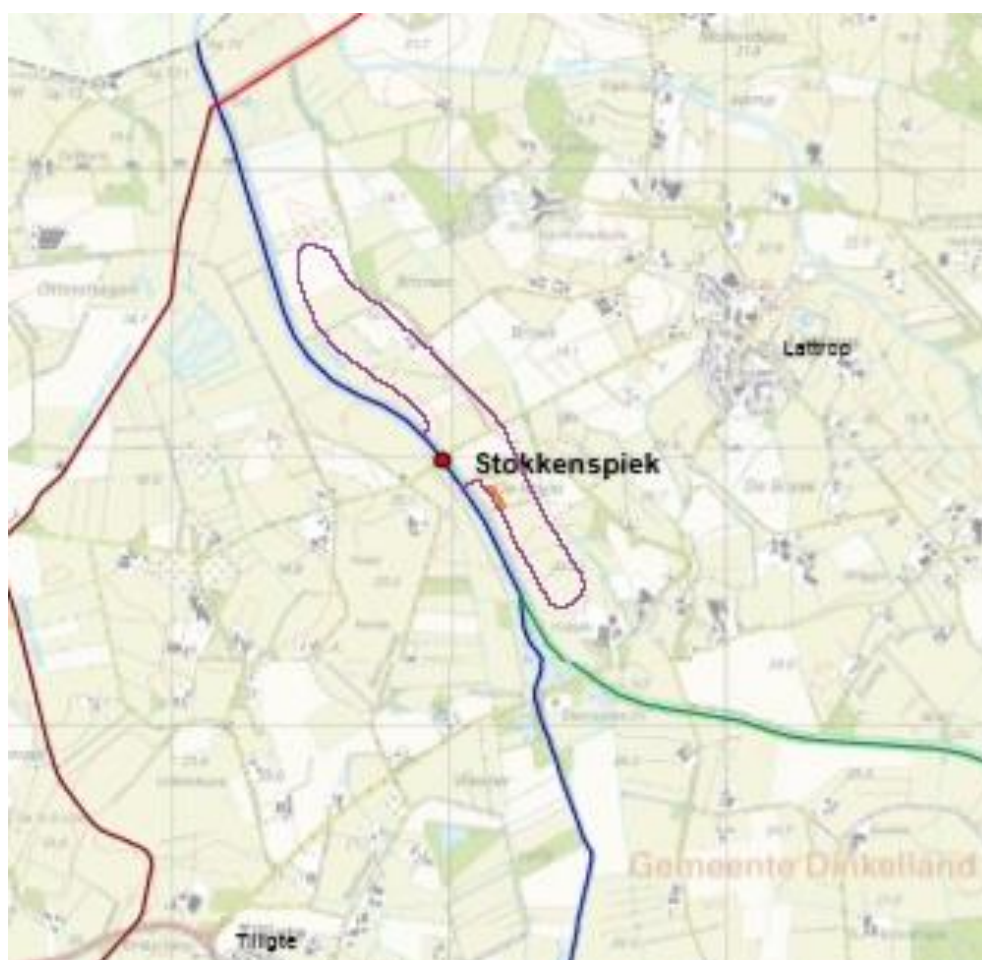
Tabel 7.4: Waterdieptes en stroomsnelheden bij zomer-, voorjaars- en maatgevende afvoer

	1/100Q afvoer (0.57 m ³ /s)	1/4Q afvoer (8.5 m ³ /s)	T1 afvoer (36.7 m ³ /s)
Afvoer hoofdloop (via Beneden Dinkel)	0	7 m ³ /s	35.2 m ³ /s
Afvoer nevengeul	0.57 m ³ /s	1.35 m ³ /s	1.35 m ³ /s
Waterdiepte nevengeul	0.5 meter	0.8 meter	0.8 meter
Stroomsnelheid nevengeul	0.25 m/s	0.34 m/s	0.34 m/s
Stroomsnelheid vispassage	0.76 m/s	0.76 m/s	0.76 m/s
Afvoer vispassage	0.15 m ³ /s	0.15 m ³ /s	0.15 m ³ /s
Waterpeil Beneden Dinkel	19.3 m NAP	19.3 m NAP	19.3 m NAP

Tabel 7.5: Toetsen alternatief 2

Eis	Methode	Waarde
Alternatief zo natuurlijk mogelijk (wens)	Beschrijven hoe natuurlijk alternatief is (A1)	Nevengeul kan het hele jaar gebruikt worden. Het alternatief is minder natuurlijk dan het eerste alternatief
Verdroging Ottershagen voorkomen (wens)	Beschrijven van effect op de omgeving (A2)	Waterpeil in Beneden Dinkel blijft constant.
Effect op grondwaterstand minimaliseren (wens)	Effect op de omgeving bepalen (A3)	Geen negatief effect op de omgeving
Afvoer minimaal 0.3 m ³ /s richting Duitsland (eis)	Bepalen of er water wordt onttrokken uit hoofdloop (A4)	Er wordt geen water onttrokken uit het systeem.
Ten minste 90% van de paaiperiode te gebruiken (eis)	Bij welke afvoeren in de hoofdstroom functioneert de vispassage (C1)	Bij afvoeren in de Beneden Dinkel boven de 1.5 m ³ /s is de nevengeul open. Bij lagere afvoeren kunnen vissen via de vispassage gebruik maken van de nevengeul.

Stroomsnelheid maximaal 1 m/s (eis)	Stroomsnelheid in vispassage berekenen (C2)	De stroomsnelheid is gemiddeld 0.76 m/s
Peilsprong tussen bekkens tussen 5 en 8 cm (eis)	Bepalen peilsprong tussen bekkens (C3)	6 centimeter
Waterdiepte ten minste 0.5 m (eis)	Berekenen minimale waterdiepte (C4)	0.5 meter
Maximaal 35 bekkens (eis)	Bepalen aantal bekkens (C5)	4 kamers
Per 8 gewone bekkens 1 rustbekken (eis)	Bepalen aantal rustbekkens (C6)	Rustbekkens zijn niet nodig
Maximale energiedemping 100 W/m ³ (eis)	Berekenen energiedemping per bekken (C7)	97.9 W/m ³
Geschikt voor alle vissoorten (eis)	Opening tot aan de bodem (C8)	Ja



Figuur 7.7: Locatie alternatief 2

7.3. Vertical slot vispassage

Het aanleggen van een nevengeul neemt veel ruimte in. Dit kan een probleem zijn en kan worden opgelost door het aanleggen van een vertical slot vispassage om de stuw heen. Het ontwerp voor een vertical slot vispassage zal in dit hoofdstuk worden beschreven. De berekeningen en methode om tot het ontwerp te komen zijn weergegeven in bijlage G.

De vertical slot vispassage bestaat uit 33 kamers (34 slots) en bevat 3 rustkamers (figuur 7.8). Het verval per slot is 0.06 meter. De breedte van een kamer is 1.4 meter en de lengte is 1.75 meter. De rustkamers hebben een lengte van 3.5 meter, waardoor de energiedemping in de rustkamers gehalveerd ten opzichte van de andere kamers. De slots zijn 0.4 meter breed en de waterdiepte in de vispassage is 1.3 meter (figuur 7.10). De vertical slot vispassage zal een hoogteverschil van 2 meter opvangen en de locatie van de vispassage is weergegeven in figuur 7.9.

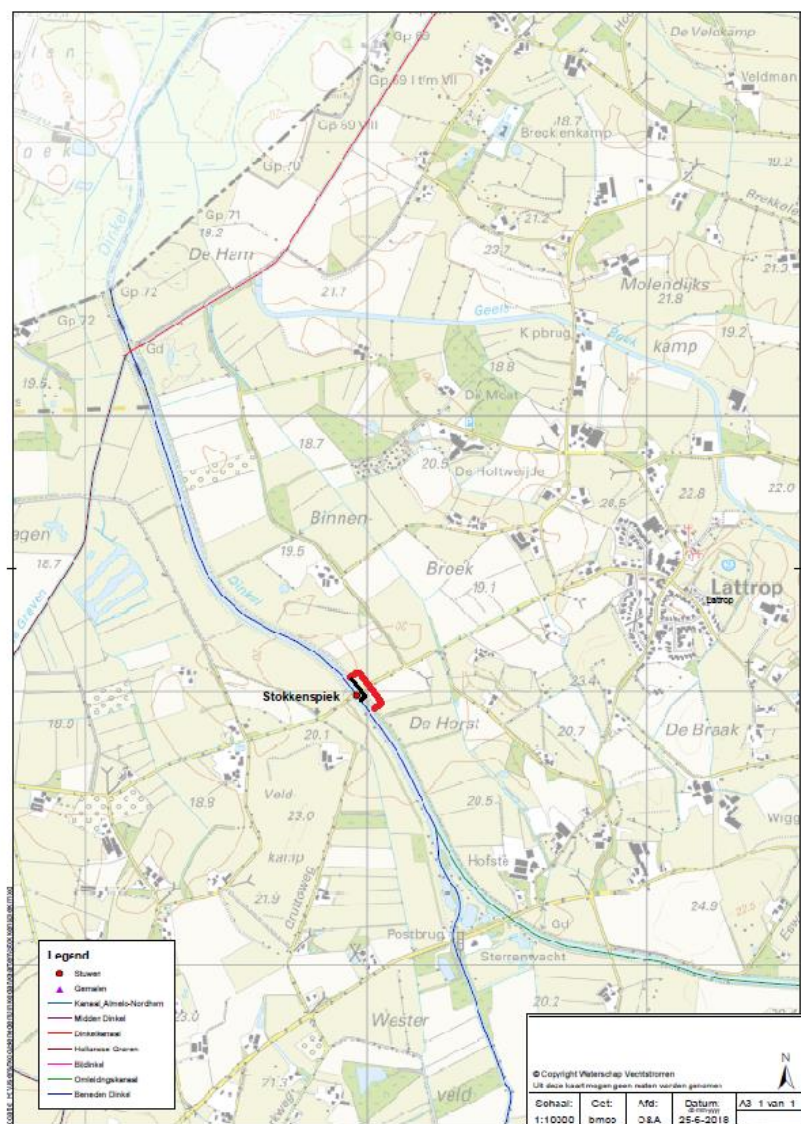
Tabel 7.6 : Eigenschappen vispassage in hoofdgeul

Lengte kamer (L)	1.75 meter
Lengte rustkamer (L)	3.5 meter
Breedte kamer (B)	1.4 meter
Verval per slot (Δh)	0.06 meter
Breedte slot (b)	0.4 meter
Waterdiepte (y_0)	1.3 meter

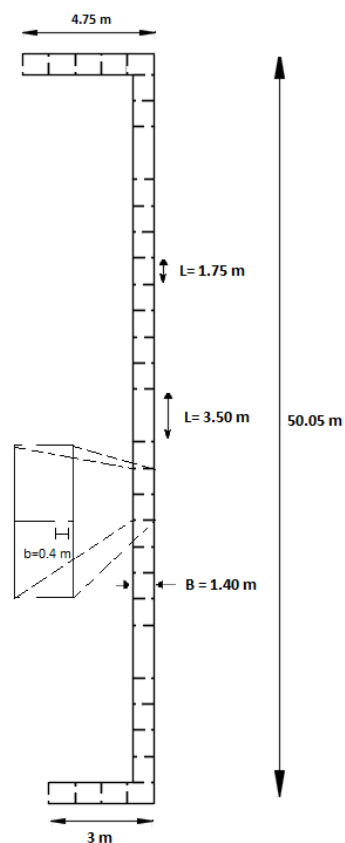
De vispassage is ontworpen op een afvoer van $0.4 \text{ m}^3/\text{s}$. Zoals te zien in figuur 7.17 is de afvoer van de Beneden Dinkel het hele jaar hoger dan $0.4 \text{ m}^3/\text{s}$. De zomerafvoer ($1/100Q$) is $0,57 \text{ m}^3/\text{s}$ (paragraaf 5.3). De gemiddelde stroomsnelheid in de vispassage is $0,76 \text{ m/s}$. Water dat niet via de vispassage stroomt zal via de stuw worden afgevoerd. Het waterpeil in de Beneden Dinkel blijft hierdoor het hele jaar constant op 19.3 m NAP. Bij de zomerafvoer ($1/100Q$), de voorjaarsafvoer ($1/4Q$) en de maatgevende afvoer (T1) verandert de waterdiepte in de Beneden Dinkel niet en de stroomsnelheid in de vispassage zal het hele jaar gemiddeld 0.76 m/s zijn. De energiedemping in een gewone kamer is 76 W/m^3 en in een rustkamer 38 W/m^3 .

De vertical slot vispassage moet voldoen aan eisen en wensen A1-A4 en C1-C8. Het alternatief voldoet niet aan de wens natuurlijk. Bij een zomerafvoer in de Beneden Dinkel ($0,57 \text{ m}^3/\text{s}$) is de vispassage wel bruikbaar. Als de afvoer in de Beneden Dinkel boven de $8 \text{ m}^3/\text{s}$, neemt de kracht van de lokstroom af. Hierdoor kunnen vissen de vispassage moeilijker vinden. De lokstroom kan worden versterkt door bij hoge afvoeren in de Beneden Dinkel extra water toe te voeren naar de uitstroomopening van de vispassage. Via een betonnen buis kan er $1.6 \text{ m}^3/\text{s}$ worden afgevoerd naar de uitstroomopening van de vispassage. Hierdoor zal de lokstroom sterk genoeg zijn tot een afvoer van $40 \text{ m}^3/\text{s}$ en is de vispassage het hele jaar te gebruiken.

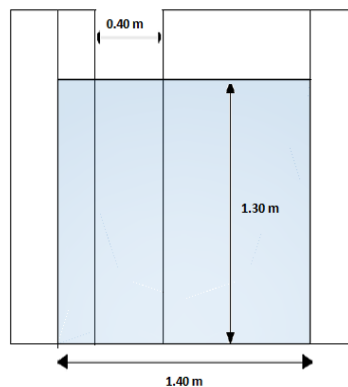
De voordelen van dit alternatief zijn dat het waterpeil in de Beneden Dinkel niet zal zakken, waardoor de grondwaterstand in de omgeving niet zakt. Ook neemt het alternatief weinig ruimte in wat bij de andere twee alternatieven een probleem kan zijn. Het nadeel van dit alternatief ten opzichte van de aanleg van een nevengeul is dat dit alternatief geen leefgebied creëert voor de vissen.



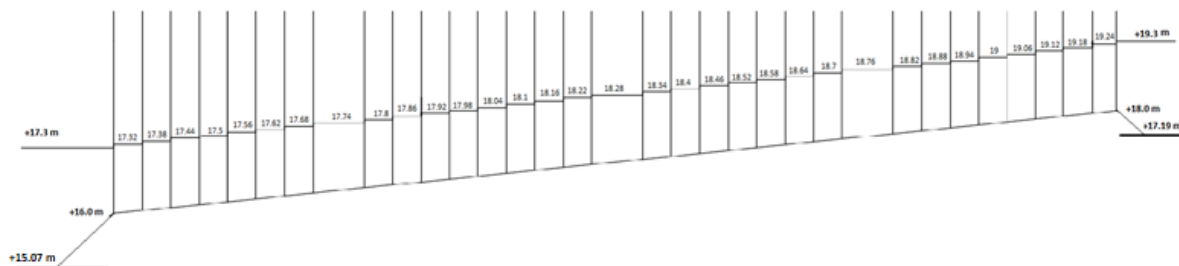
Figuur 7.9: Locatie vertical slot vispassage



Figuur 7.8: Bovenkant vertical slot vispassage



Figuur 7.10: Dwarsprofiel vertical slot vispassage



Figuur 7.11: Lengtedoorsnede vertical slot vispassage

Tabel 7.7: Toetsen alternatief 3

Eis	Methode	Waarde
Alternatief zo natuurlijk mogelijk (wens)	Beschrijven hoe natuurlijk alternatief is (A1)	Niet
Verdroging Ottershagen voorkomen (wens)	Beschrijven van effect op de omgeving (A2)	Waterpeil in Beneden Dinkel blijft constant
Effect op grondwaterstand minimaliseren (wens)	Effect op de omgeving bepalen (A3)	Geen negatief effect op de omgeving
Afvoer minimaal 0.3 m ³ /s richting Duitsland (eis)	Bepalen of er water wordt onttrokken uit hoofdloop (A4)	Er wordt geen water onttrokken uit het systeem.
Ten minste 90% van de paaiperiode te gebruiken (eis)	Bij welke afvoeren in de hoofdstroom functioneert de vispassage (C1)	De vispassage functioneert goed bij afvoeren tussen de 0.4 m ³ /s en 8 m ³ /s.
Stroomsnelheid maximaal 1 m/s (eis)	Stroomsnelheid in vispassage berekenen (C2)	De stroomsnelheid is gemiddeld 0.76 m/s
Peilsprong tussen bekkens tussen 5 en 8 cm (eis)	Bepalen peilsprong tussen bekkens (C3)	6 centimeter
Waterdiepte ten minste 0.5 m (eis)	Berekenen minimale waterdiepte (C4)	1.3 meter
Maximaal 35 bekkens (eis)	Bepalen aantal bekkens (C5)	33 bekkens
Per 8 gewone bekkens 1 rustbekken (eis)	Bepalen aantal rustbekkens (C6)	3 rustbekkens
Maximale energiedemping 100 W/m ³ (eis)	Berekenen energiedemping per bekken (C7)	76 W/m ³
Geschikt voor alle vissoorten (eis)	Opening tot aan de bodem (C8)	Ja

8. Conclusies en aanbeveling

In dit hoofdstuk worden eerst de conclusies van het onderzoek beschreven. Daarna zal er een aanbeveling worden gedaan voor vervolgonderzoek.

Het onderzoek geeft antwoord op de vraag: *Welke maatregelen kunnen er genomen worden om stuw Stokkenspiek vispasseerbaar te maken?*

Om de onderzoeksvraag te beantwoorden is de huidige situatie van het studiegebied beschreven. Vervolgens zijn de eisen en wensen waaraan het ontwerp moet voldoen beschreven. De eisen en wensen bestaan uit technische ontwerpeisen en uit eisen en wensen van verschillende actoren.

Er is eerst een voorselectie gedaan om te bepalen welke alternatieven er verder geanalyseerd zouden worden. In de voorselectie zijn er drie ontwerpalternatieven onderzocht: het verwijderen van de stuw, het aanleggen van een nevengeul en als laatste technische vispassages. Uit de voorselectie blijkt dat het verwijderen van de stuw geen geschikte maatregel is, omdat het waterpeil in de Beneden Dinkel ver uitzakt bij lage afvoeren ten opzichte van het huidige waterpeil. Een nevengeul kan een geschikte maatregel zijn en technische vispassages zijn alleen geschikt als de kamers gescheiden zijn door een vertical slot. Uit de ontwerpalternatieven zijn vervolgens drie alternatieven samengesteld en verder onderzocht. Drie alternatieven zijn verder uitgewerkt: het aanleggen van een nevengeul, het aanleggen van een nevengeul met een vertical slot vispassage in de nevengeul en als laatste alternatief een vertical slot vispassage om de stuw heen.

Als eerst is de aanleg van een nevengeul onderzocht. De nevengeul is zodanig ontworpen dat het waterpeil in de Beneden Dinkel alleen zakt bij lagere afvoeren. Bij lage afvoeren zakt de waterdiepte in de nevengeul met 0.3 meter. Het voordeel van de nevengeul is dat het door vissen gebruikt kan worden als schuil- en paaigebied. De aanleg van een nevengeul heeft ook nadelen. De nevengeul neemt veel ruimte in beslag. Daarnaast zal het waterpeil in de Beneden Dinkel zakken tot een waterpeil van 19.0 m als de afvoer van de Beneden Dinkel laag is. Bij een hoge afvoer van de Beneden Dinkel is de lokstroom van de nevengeul zwak, waardoor vissen de nevengeul moeilijk kunnen vinden.

Als tweede alternatief is de aanleg van een nevengeul met een vertical slot vispassage in de nevengeul onderzocht. Bij lage afvoeren in de Beneden Dinkel kan de opening van de nevengeul worden afgesloten en kunnen vissen via de vertical slot vispassage de nevengeul gebruiken. De technische vispassage bestaat uit 4 kamers. Het voordeel van een vertical slot vispassage in de nevengeul ten opzichte van het eerste alternatief is dat het waterpeil in de Beneden Dinkel niet zakt. Door het afsluiten van de nevengeul zal er minder water door de nevengeul stromen en zal de waterdiepte in de nevengeul zakken tot een waterdiepte van 0.5 meter. De aanleg van een vertical slot vispassage in de nevengeul heeft als bijkomend nadeel dat de aanleg kosten voor dit alternatief hoger zijn.

Als laatste alternatief is de aanleg van een vertical slot vispassage om de stuw heen onderzocht. Er is een vertical slot vispassage ontworpen die bestaat uit 33 kamers. De vertical slot vispassage is het hele jaar bruikbaar. Het waterpeil in de Beneden Dinkel zal niet zakken. Als de afvoer in de Beneden Dinkel lager is dan de ontwerpafvoer kan de vispassage worden afgesloten. Het ontwerp voldoet aan alle eisen. Het nadeel van dit alternatief geen leefgebied creëert voor de vissen.

Alle drie de alternatieven zijn geschikt om stuw Stokkenspiek vispasseerbaar te maken. De aanleg van een nevengeul is het meest natuurlijk. Het waterpeil in de Beneden Dinkel zal niet het hele jaar constant blijven. Er zal onderzocht moeten worden of het waterpeil in de Beneden Dinkel 0.3 meter mag zakken. Ook zal er onderzocht moeten worden of de ruimte die nodig is om de nevengeul aan te leggen beschikbaar is. Als blijkt dat er voldoende ruimte beschikbaar is en het waterpeil in de Beneden Dinkel mag zakken dan kan er gekozen worden voor het eerste alternatief. Als er wel voldoende ruimte beschikbaar is en het waterpeil in de Beneden Dinkel mag niet zakken dan kan het tweede alternatief worden gekozen. Mocht er niet ruimte zijn om een nevengeul aan te leggen dan kan het derde alternatief worden gekozen.

9. Discussie

In dit onderzoek is onderzocht welke maatregelen er genomen kunnen worden om stuw Stokkenspiek vispasseerbaar te maken. In dit hoofdstuk zullen de methodes en de resultaten van het onderzoek worden bediscussieerd.

Er is eerst een voorselectie gedaan van drie verschillende type ontwerpalternatieven: het verwijderen van de stuw, het aanleggen van een nevengeul en technische vispassages om vervolgens drie alternatieven te ontwerpen en te analyseren. In de voorselectie zijn ontwerpalternatieven getoetst aan de eisen en wensen. Een van de wensen is dat het effect op de omgeving niet te groot mag zijn. Het was niet duidelijk hoeveel het waterpeil in de Beneden Dinkel mag zakken voordat het effect op de omgeving te groot is. Uit de voorselectie blijkt dat het waterpeil in de Beneden Dinkel meer dan 1 meter zakt als de stuw wordt verwijderd. Er is aangenomen dat dit een te groot effect heeft op de omgeving.

Er zijn vervolgens drie alternatieven ontworpen. Bij het ontwerpen van de nevengeul is aangenomen dat het waterpeil in de Beneden Dinkel met 0.3 meter mag zakken en er is aangenomen dat de ruimte beschikbaar is. Deze aanname is gedaan om de ontwerpafvoer te bepalen. Met deze afvoer zijn de afmetingen van het dwarsprofiel bepaald.

De alternatieven zoals ze zijn ontworpen zijn getoetst aan de eisen en wensen. Het ontwerp hoeft niet exact zo ontworpen te worden als dat ze zijn ontworpen in dit onderzoek. Om de alternatieven te toetsen aan de eisen is er een aanname gedaan voor de ruwheid van de nevengeul en voor de vertical slot vispassage is een afvoer coëfficiënt aangenomen. Voor de ruwheid van de nevengeul is de waarde $0,07 \text{ m}^{-1/3\text{s}}$ aangenomen, dit komt overeen met de ruwheid van een geul met waterplanten en dood hout (Kroes & Monden, Vismigratie, een handboek voor herstel in Vlaanderen en Nederland, 2005). Voor de ruwheid van de Beneden Dinkel is de waarde $0,035 \text{ m}^{-1/3\text{s}}$ aangenomen, dit komt overeen met de ruwheid van een uitgegraven geul zonder begroeiing (Kroes & Monden, Vismigratie, een handboek voor herstel in Vlaanderen en Nederland, 2005). Voor de afvoer coëfficiënt is een waarde van 0.7 aangenomen, in literatuur worden waardes tussen de 0.6 en 0.9 gebruikt (Boiten & Dommerholt, 2004).

Er kan vervolgonderzoek worden gedaan om een ontwerp te maken dat gerealiseerd kan worden. Uit vervolgonderzoek zal moeten blijken hoeveel ruimte er beschikbaar is om een nevengeul te graven. Als blijkt dat er maar ruimte is voor een nevengeul van 1 kilometer, hoeft nog niet gelijk alternatief drie gekozen te worden. Er kunnen aanpassingen worden gedaan aan het nevengeul ontwerp, waardoor het aanleggen van een nevengeul alsnog geschikt is. Er kunnen bijvoorbeeld drempels toe worden gevoegd. Hierdoor hoeft niet het gehele hoogte verschil van 2 meter door het verhang van de nevengeul te worden opgevangen.

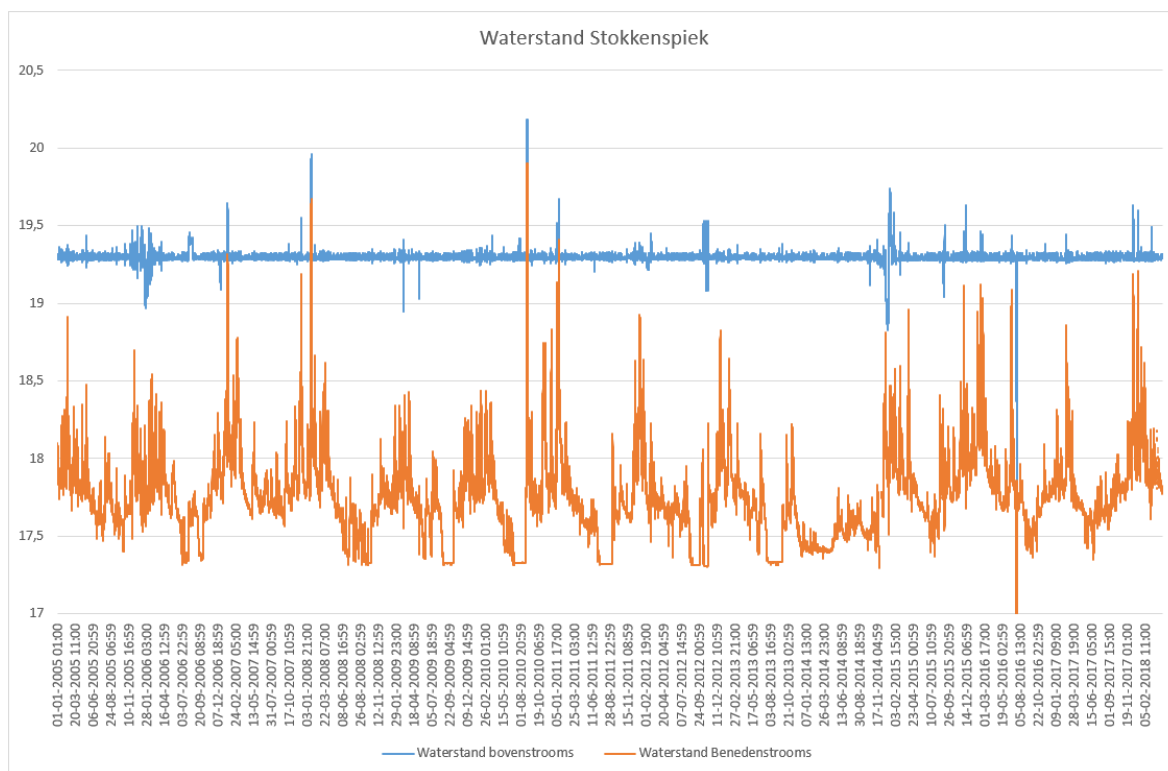
Er zal ook onderzocht moeten worden hoeveel het waterpeil in de Beneden Dinkel mag uitzakken. Daarna moeten de alternatieven worden herzien. Het is mogelijk dat het eerste of tweede alternatief kan worden aangepast dat het voldoet aan de wensen en eisen. Natuurlijke oplossingen hebben tegenwoordig de voorkeur. Als blijkt dat het niet mogelijk is dat een nevengeul wordt aangelegd kan er besloten worden een vertical slot vispassage aan te leggen.

Bibliografie

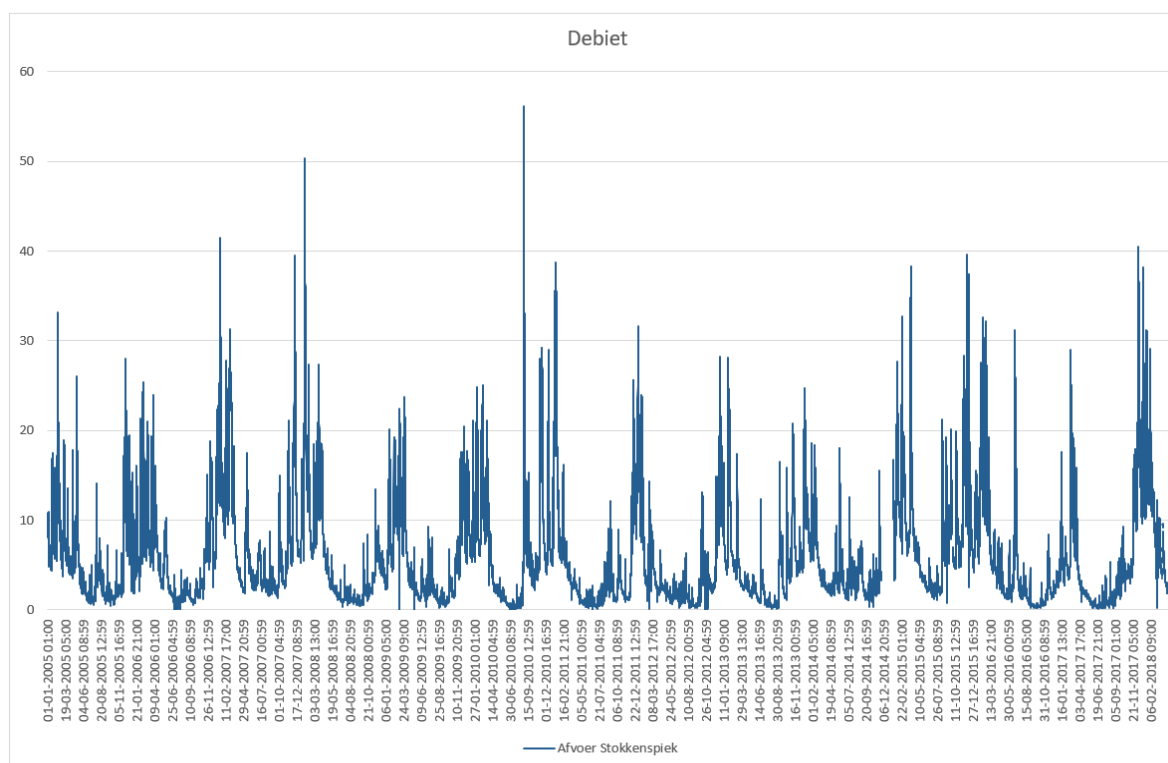
- Altenburg, W., Arts, G., Baretta-Bekker, J., van den Berg, M., van den Broek, T., Buskens, R., & ... Twisk, F. (2012). *referenties en maatlatten voor natuurlijke watertypen voor de kaderrichtlijnwater 2015-2021*. Amersfoort: Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer.
- Boiten, W., & Dommerholt, A. (2004). *Uniform ontwerp van de aangepaste de Wit vispassage*. Wageningen.
- Coenen, J., Antheunisse, M., Beekman, J., & Beers, M. (2013). *Handreiking vispassages in Noord-Brabant*. Waterschap De Dommel; Waterschap Aa en Maas; Waterschap Brabantse Delta.
- de Bruijn, O. (z.d.). *De Natuurwetenschappelijke betekenis van het Dinkelgebied*.
- Duursema, G. (2014). *Achtergronddocument Kaderrichtlijn Water*. Almelo: Waterschap Vechtstromen.
- FishXing. (2006). *Manning's n Values*. Opgehaald van FishXing: http://www.fsl.orst.edu/geowater/FX3/help/FX3_Help.html#8_Hydraulic_Reference/Mannings_n_Tables.htm
- Gerlach, G. (2005). *Visserijkundig onderzoek omleidingskanaal Dinkel*. Bilthoven: Sportvisserij Nederland.
- Klompenburg, J., & Oude Groote Beverborg, B. (2015). *Dinkeldal Verkenning Samen Werkt Beter*. Waterschap Vechtstromen.
- Knol, B. (2015). *Factsheet: NL05_Beneden Dinkel*. Almelo: Vechtstromen.
- Kroes, M., & Caldenhoven, R. (2008). *Beoordeling functionaliteit 7 vis-passages en een onderleider waterschap Regge en Dinkel*. Utrecht: Visadvies.
- Kroes, M., & Monden, S. (2005). *Vismigratie, een handboek voor herstel in Vlaanderen en Nederland*. Arnhem: Drukkerij hpc b.v.
- Makaske, B., & Maast, G. (2015). *Handboek Geomorfologisch Beekherstel*. Wageningen: Stowa.
- Natuurmonumenten. (sd). *Natuurgebieden Beneden-Dinkeldal over dit natuurgebied*. Opgeroepen op Juni 13, 2018, van <https://www.natuurmonumenten.nl/natuurgebieden/beneden-dinkeldal/over-dit-natuurgebied>
- OLC. (sd). *Natuurgebied Beneden Dinkeldal Ottershagen*. Opgeroepen op Juni 15, 2018, van <https://www.olg-93.nl/fileupload/NatuurgebiedBenedenDinkeldalOttershagen.pdf>
- Postma, R. (2011). *Een nevengeul vol leven: handreiking voor een goed ecologisch ontwerp*. Rijkswaterstaat.
- Staring, W., & Stieltjes, T. (1848). *De Overijsselsche Wateren*. Zwolle: J.J. Tijl.

- van der Maarel, A., Worm, P., & Jansen, E. (1999). *Inrichtings- en beheersvisie voor de Dinkel en het Dinkeldal*. Deventer: Tauw bv.
- van Kouwen, M. (2015). *Historisch en actueel waterbeheer van de Dinkel*. Groningen: Rijksuniversiteit Groningen.
- van Vugt, A., Phernambucq, I., Biesheuvel, A., Pompe, L., Klijn, R., & A.R., v. L. (2017). *Gebiedsdossiers drinkwaterwinningen Overijssel*. Zwolle: Provincie Overijssel .
- Verhagen, F., Verwij, L., & Krikken, A. (2013). *Interactie grondwater - oppervlaktewater Maas*. Provincie Noord-Brabant.
- Waterschap Vechtstromen. (2015). *Waterbeheerplan 2016-2021*. Almelo: Waterschap Vechtstromen.

Bijlage A – Afvoergegevens Beneden Dinkel

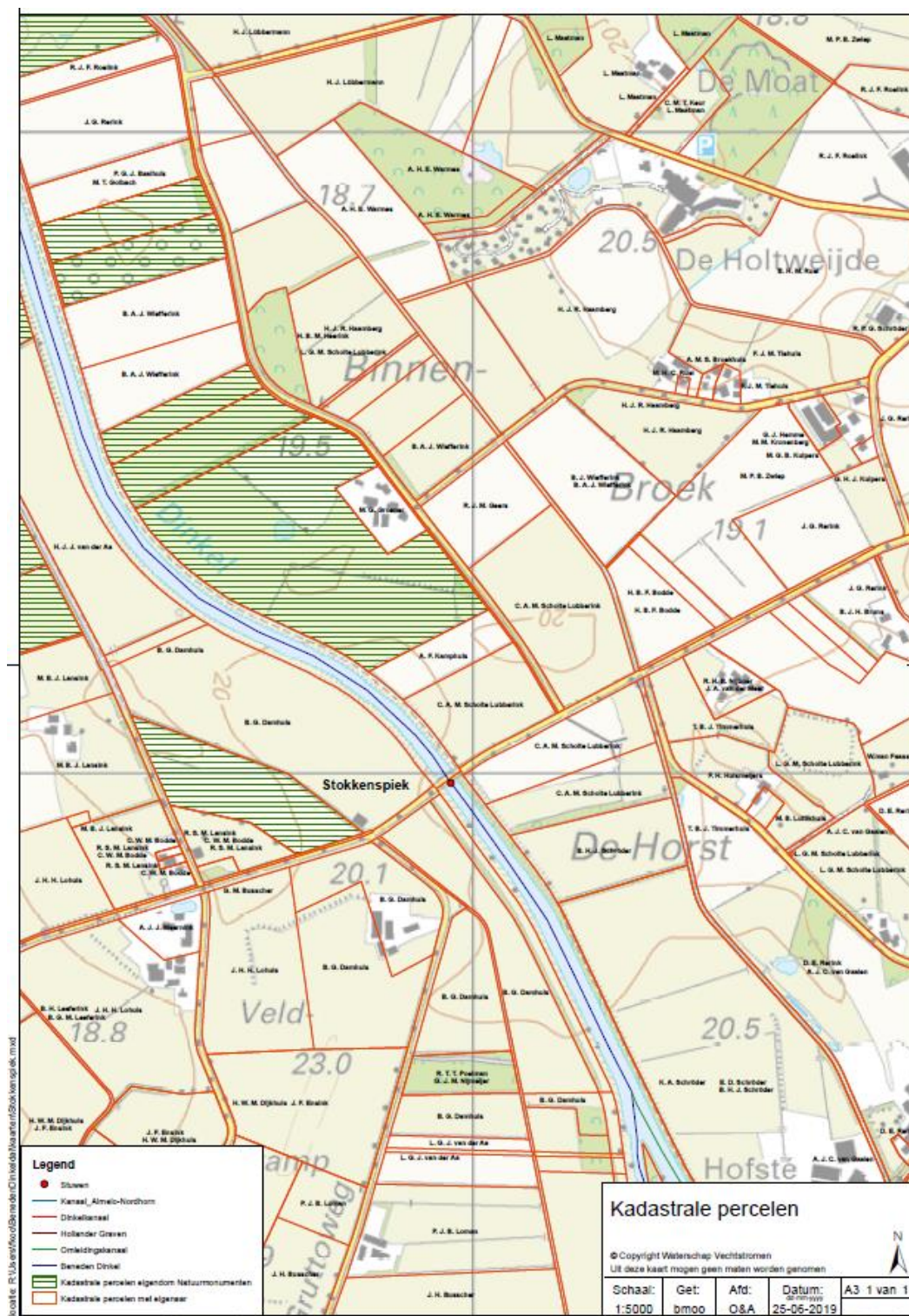


Figuur A.2: Waterstand Stokkenspiek tussen januari 2005 en februari 2018



Figuur A.3: Afvoer Stokkenspiek tussen januari 2005 en februari 2018

Bijlage B – Landgebruik



Figuur B.1: Grondeigenaren bij stuw Stokkenspiek

Bijlage C – Voorselectie alternatieven

Om een inzicht te krijgen in de effecten op het waterpeil in de Beneden Dinkel is gebruik gemaakt van de formule van Manning (Coenen et al., 2013).

$$v = \frac{1}{n} * R^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}}$$

$$Q = \frac{1}{n} * R^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}} * A$$

v = stroomsnelheid in m/s

$$Q = m^3/s$$

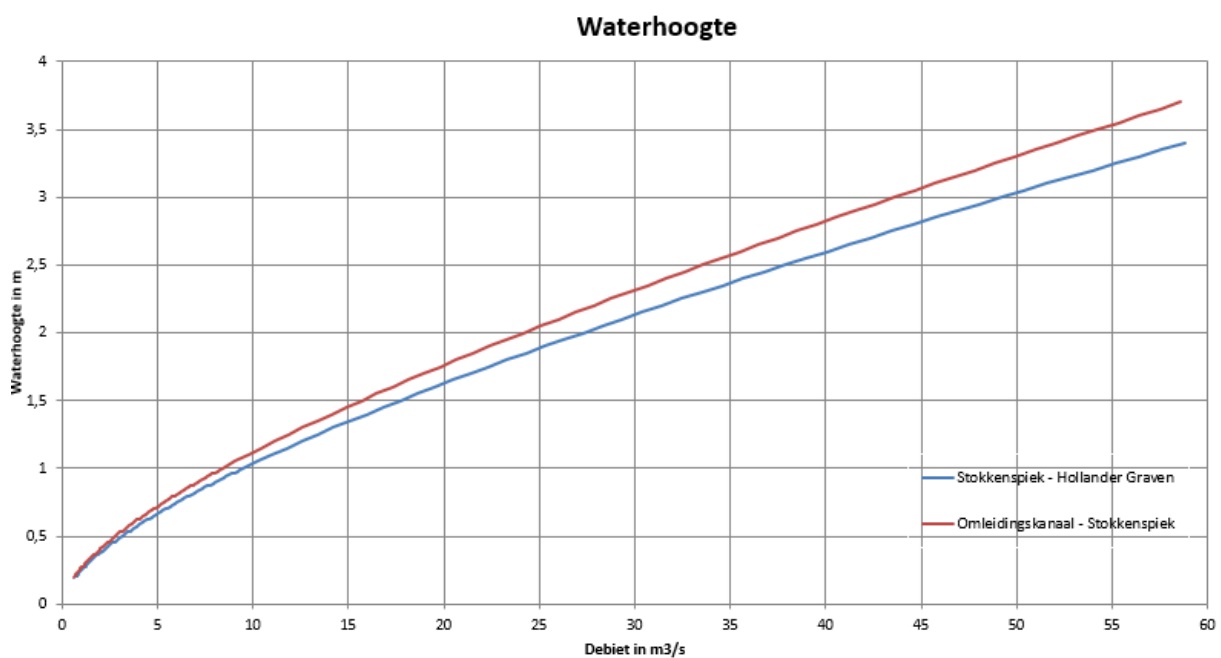
n = ruwheidscoëfficiënt

$$R = \text{Hydraulische straal in m} = \frac{A}{P}$$

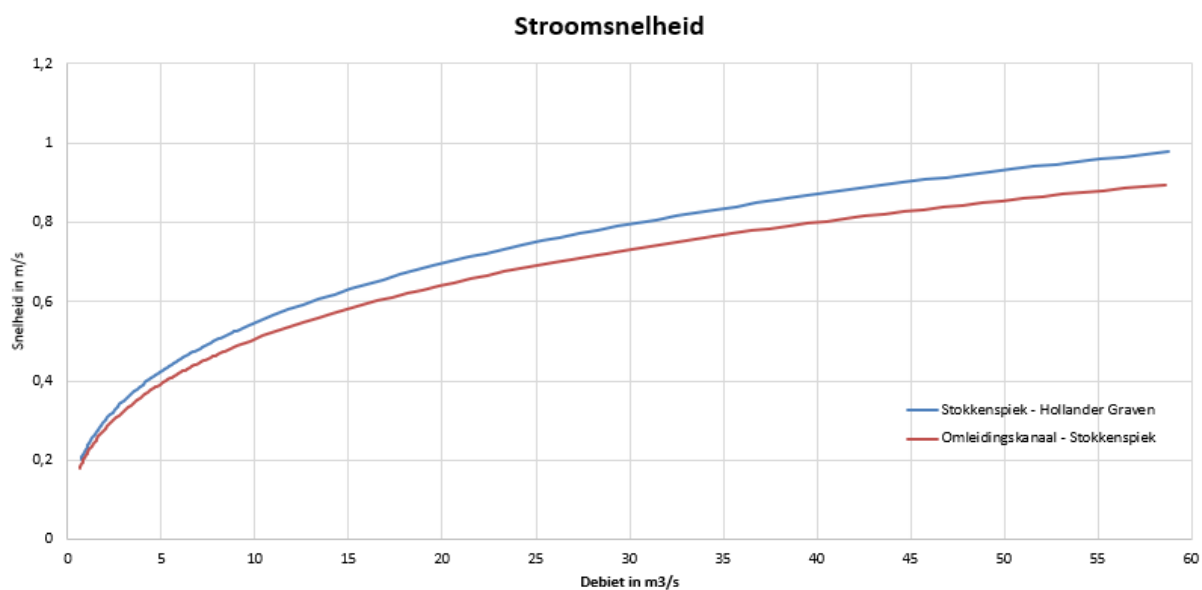
S = verhang in m/m

A = Doorstroom oppervlak in m^2

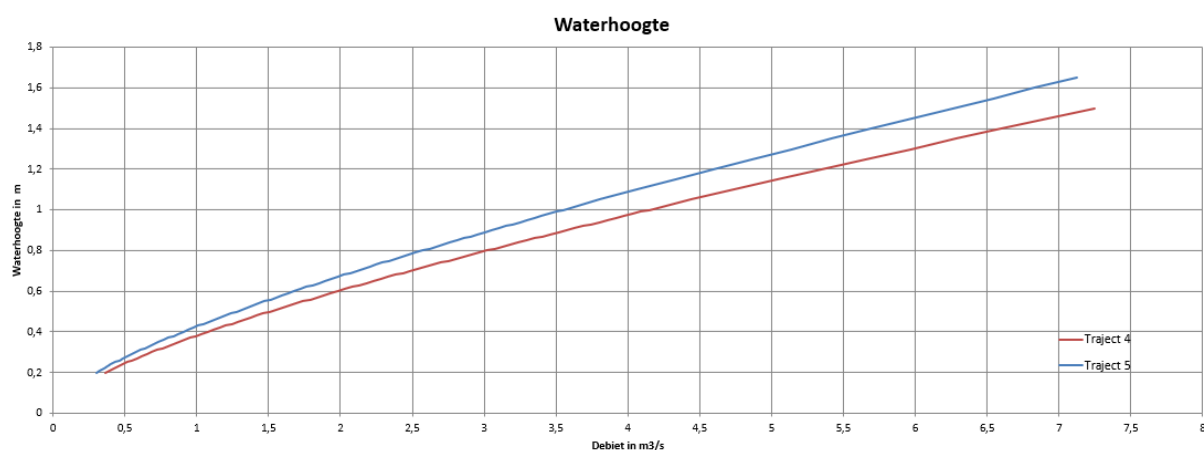
P = natte omtrek



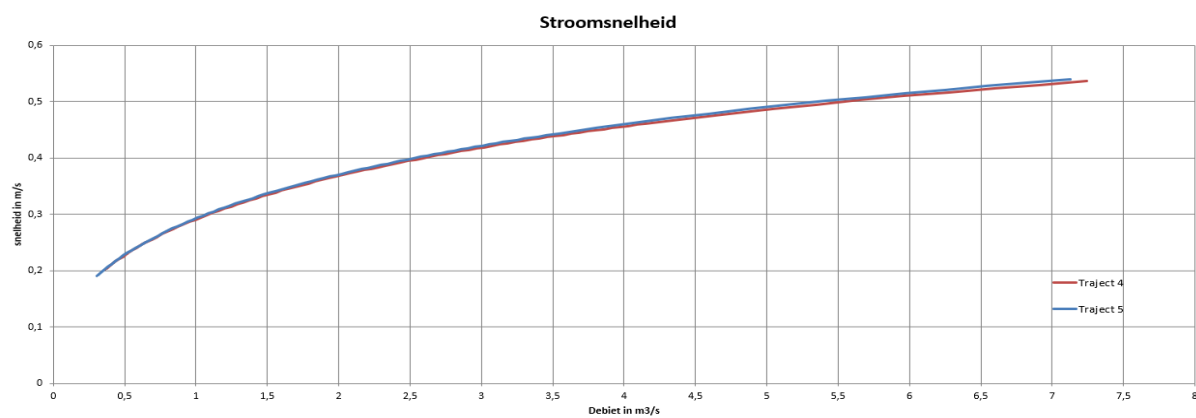
Figuur C.1: Waterdiepte traject 1,2 (blauw) en traject 3 (rood) variant 1 met verhang 0,358 m/km en ruwheid coëfficiënt 0,035



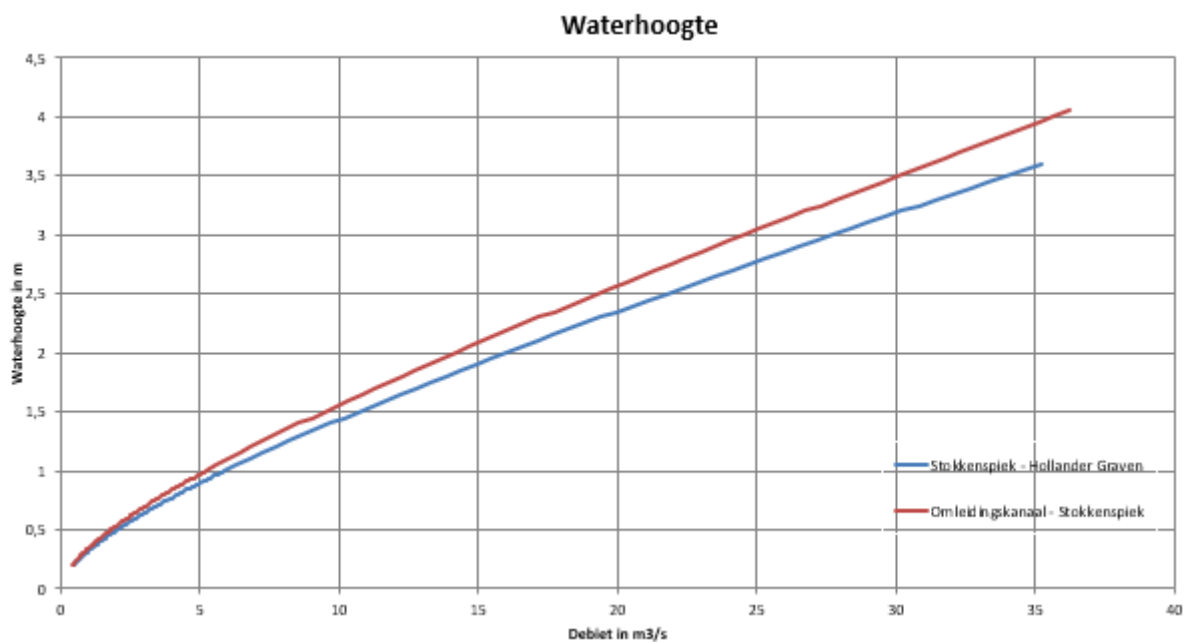
Figuur C.2: Stroomsnelheid traject 1,2 (blauw) en traject 3 (rood) variant 1 met verhang 0,358 m/km en ruwheid coëfficiënt 0,035



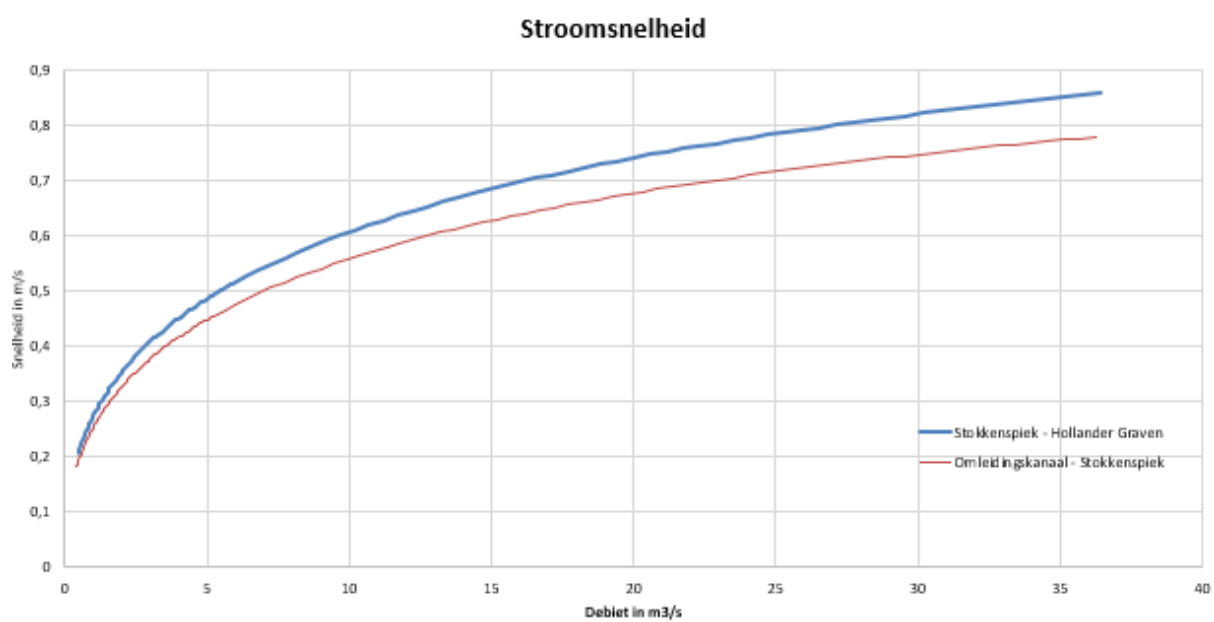
Figuur C.3: waterdiepte traject 4 (verhang 0,36 m/km) en traject 5 (verhang 0,33 m/km) variant 1 en 2 en 3 met ruwheid coëfficiënt 0,035



Figuur C.4: stroomsnelheid traject 4 (verhang 0,36 m/km) en traject 5 (verhang 0,33 m/km) variant 1 en 2 en 3 met ruwheid coëfficiënt 0,035

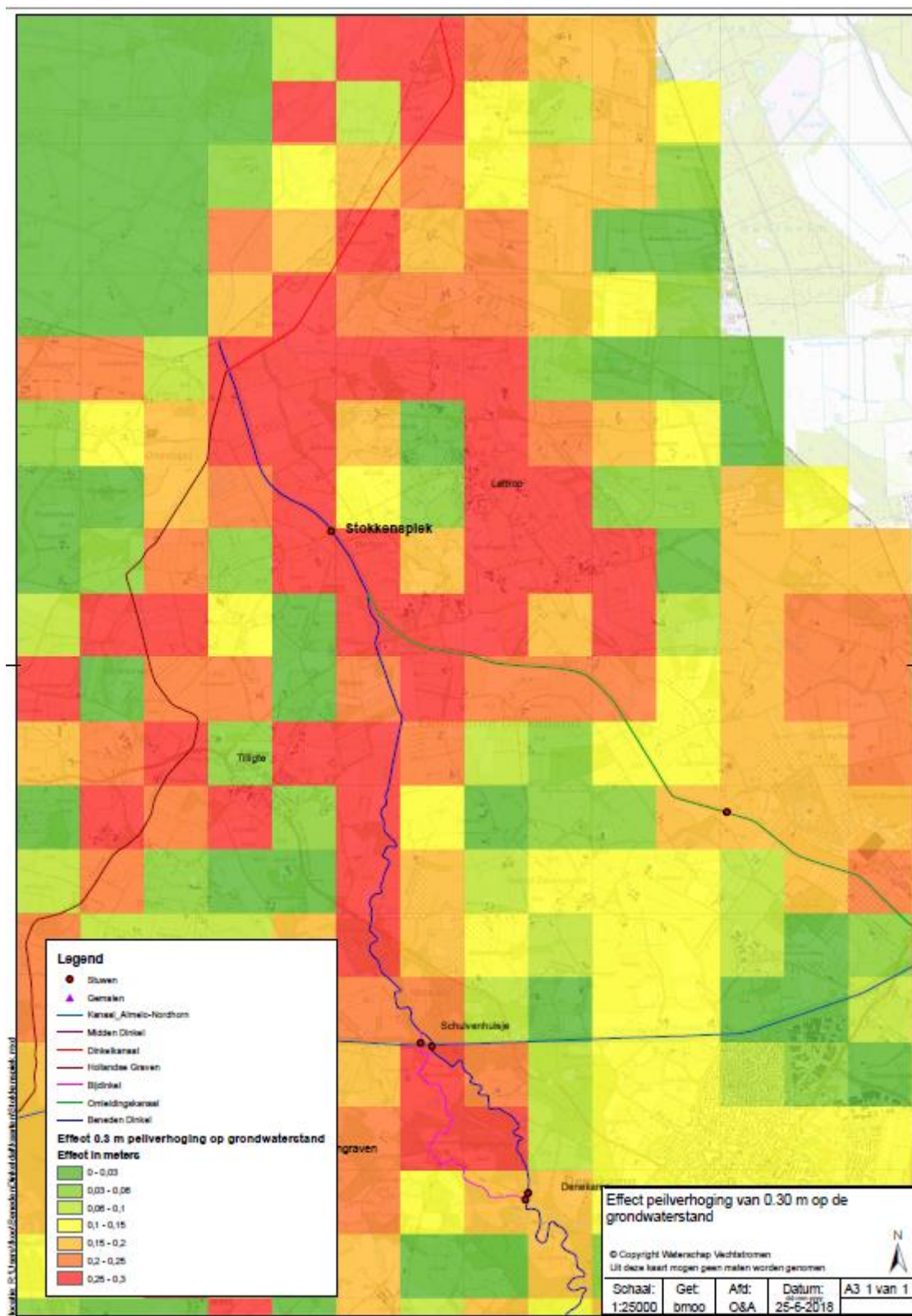


Figuur C.5: Waterdiepte traject 1,2 (blauw) en traject 3 (rood) variant 2 en 3 met verhang 0,358 m/km en ruwheid coëfficiënt 0,035

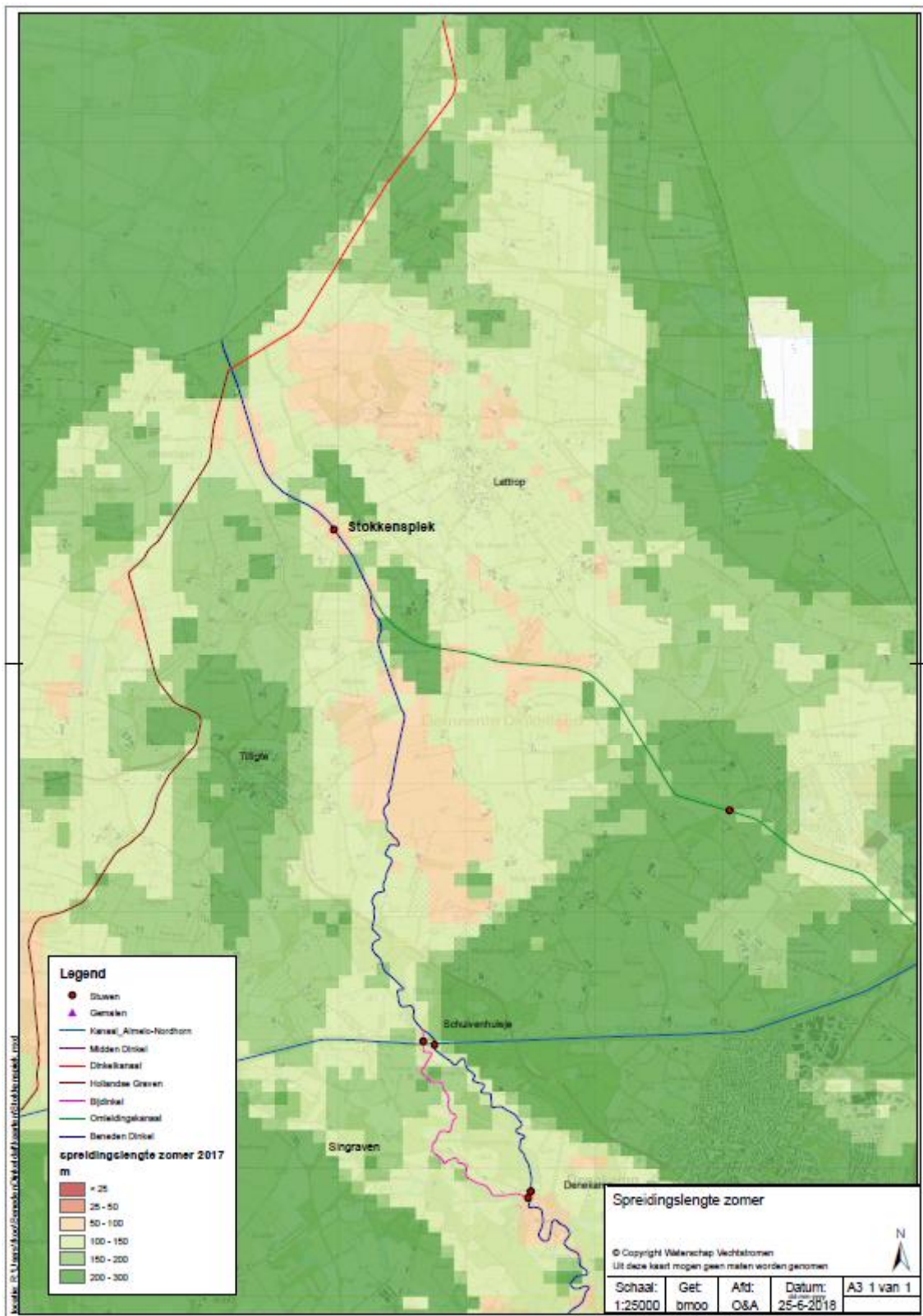


Figuur C.6: Stroomsnelheid traject 1,2 (blauw) en traject 3 (rood) variant 2 en 3 met verhang 0,358 m/km en ruwheid coëfficiënt 0,035

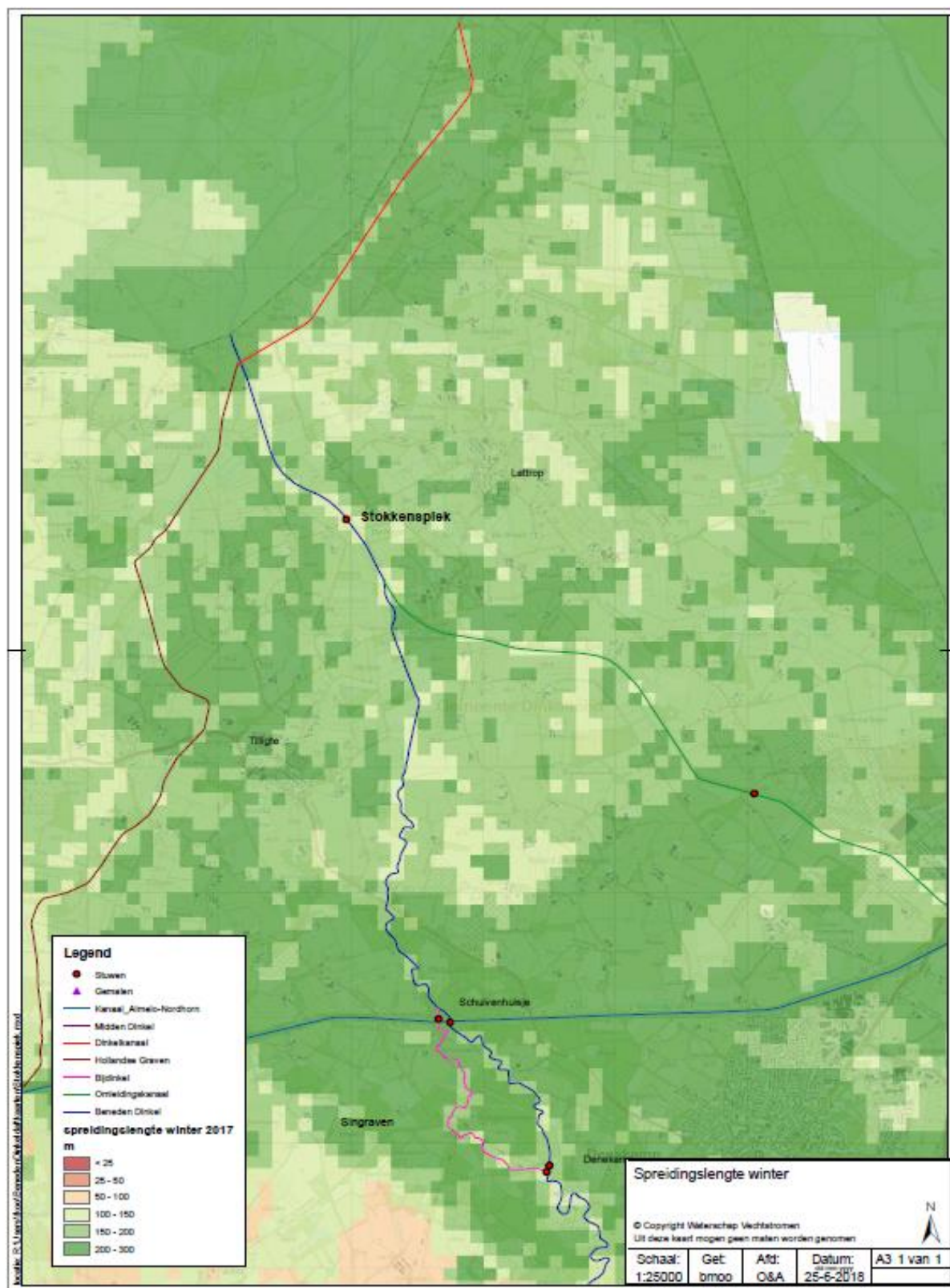
Bijlage D – Kaarten studiegebied



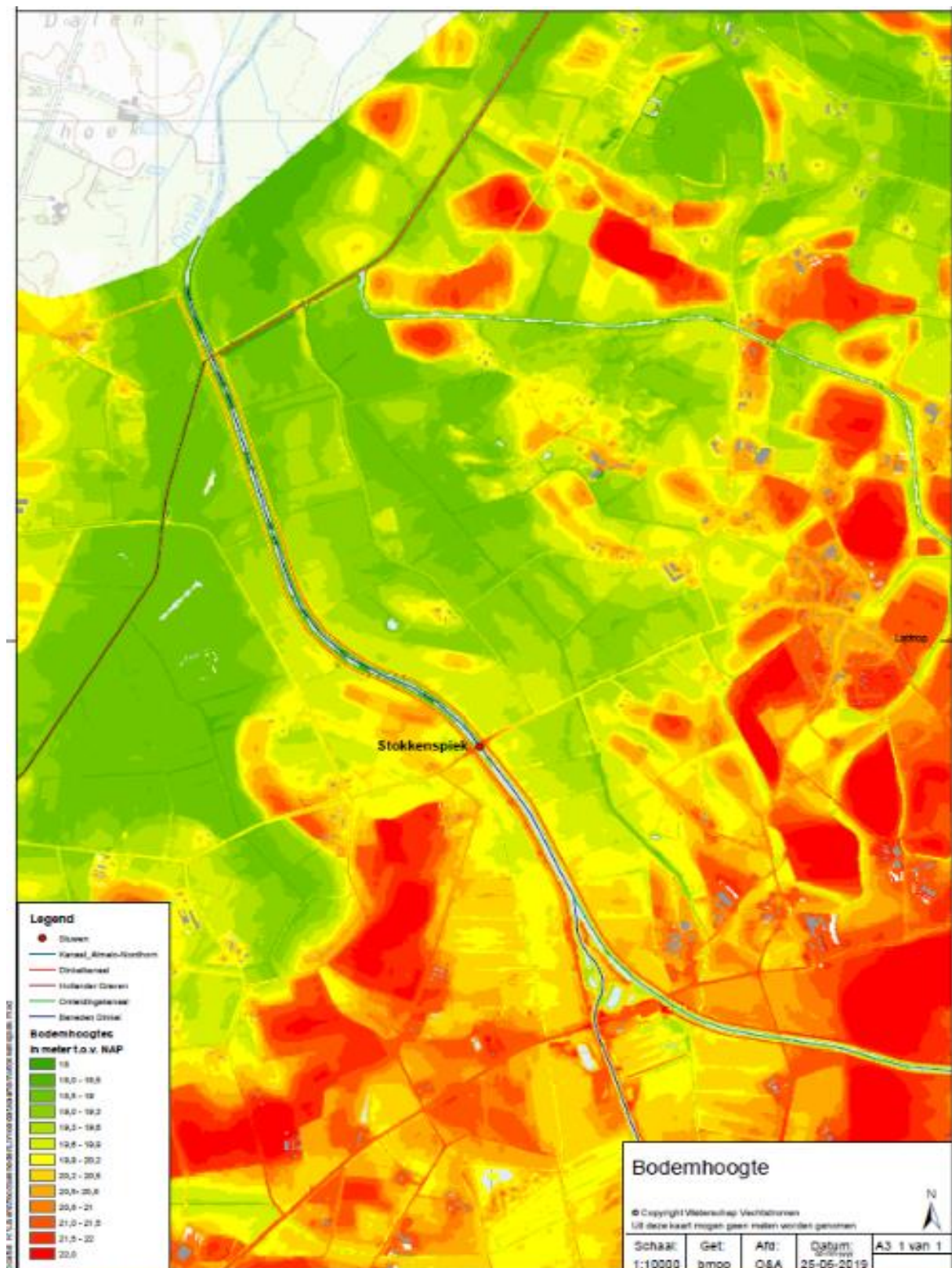
Figuur D.1: Effect op grondwaterstand (Vechtstroom, 2018)



Figuur D.2: Concept spreidingslengtekaart zomer (Vechtstroom, 2017)



Figuur D.3: Concept spreidingslengtekaart winter (Vechtstroom, 2017)

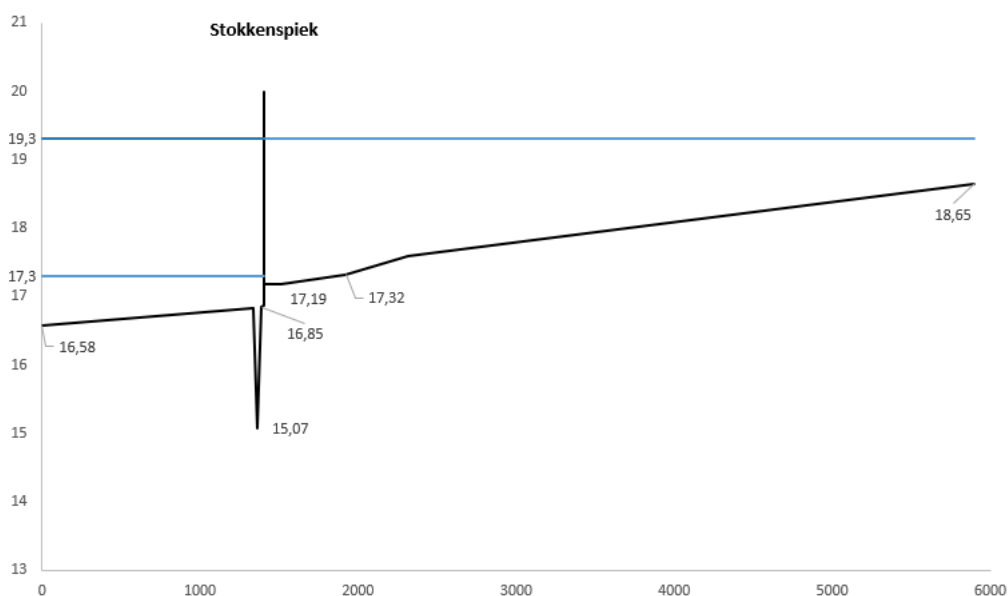


Figuur D.4: maaiveldhoogte in m NAP

Bijlage E – Nevengeul ontwerp

In deze bijlage worden de methode en berekeningen weergegeven die gedaan zijn om tot het ontwerp van te komen

Voor het bepalen van het ontwerp zijn de gegevens gebruikt die zijn weergegeven in tabel E.1, deze zijn schematisch weergegeven in figuur E.1.



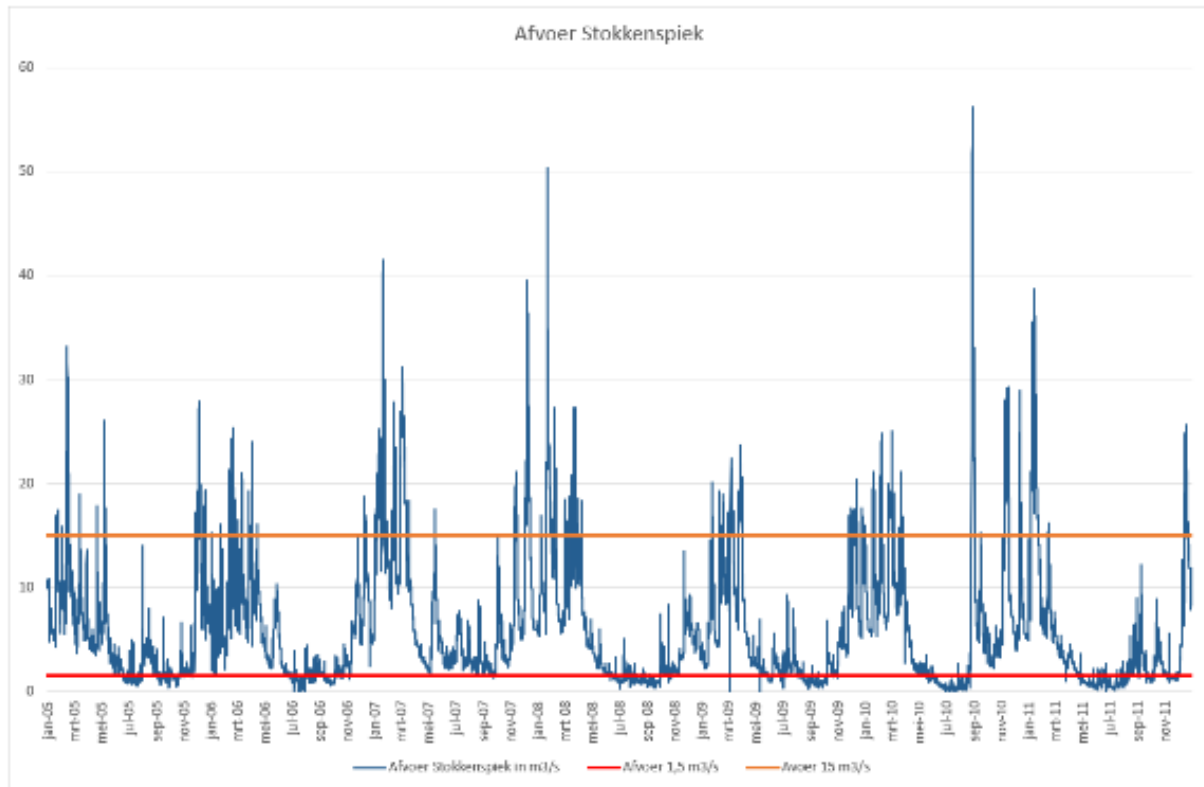
Figuur E.1: Schematische weergave huidige situatie

Tabel E.1: Ontwerpgegevens

Bovenstrooms waterpeil	19.3 m+ NAP
Bovenstroomse bodemhoogte	17.19 m+ NAP
Benedenstrooms waterpeil	Geen vast waterpeil, bij zomerafvoeren (1/100Q) waterpeil van 17.3m, Bij voorjaarsafvoer (1/4Q) 17.9 m NAP
Benedenstroomse bodemhoogte	Benedenstrooms van de stuw veel variatie in bodemhoogtes. Op 20-30 meter afstand van de stuw, ligt de bodem op ca. 15.07 m+ NAP
Maatgevende afvoer	T1 is 36.6 m ³ /s
Gemiddelde voorjaarsafvoer	1/4Q is 8.5 m ³ /s
Gemiddelde zomerafvoer	1/100Q is 0.57 m ³ /s

Ontwerpafvoer

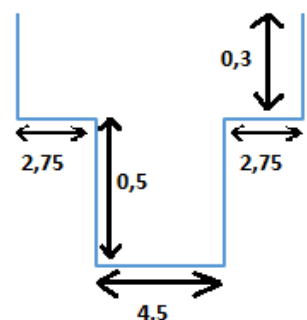
Om de afmetingen van de nevengeul te bepalen, zal als eerst de ontwerpafvoer worden bepaald. Als de afvoer in de Beneden Dinkel lager is dan de ontwerpafvoer, zal het waterpeil in de Beneden Dinkel zakken. Bij een lage ontwerpafvoer zullen de breedte en de diepte van de nevengeul klein zijn en zal de lokstroom zwak zijn, waardoor de nevengeul onvoldoende aantrekkingskracht heeft. De ontwerpafvoer van de nevengeul zal $1.5 \text{ m}^3/\text{s}$ zijn. De afvoer van $1.5 \text{ m}^3/\text{s}$ wordt alleen in de zomermaanden niet gehaald, zie figuur E.2.



Figuur E.2: Afvoer Stokkenspiek

Dwarsprofiel

Er kan een schatting worden gemaakt van de breedte en de diepte van de nevengeul. Deze is afhankelijk van de ontwerpafvoer. De breedte van de nevengeul kan geschat worden met: $W = 4.7\sqrt{Q}$ (Makaske & Maast, 2015). Bij een afvoer van $1.5 \text{ m}^3/\text{s}$ zal deze 5.75 meter zijn. De diepte kan bepaald worden met $D = 0.54 * Q^{0.4}$ (Makaske & Maast, 2015). Bij een afvoer van $1.5 \text{ m}^3/\text{s}$ zal de gemiddelde diepte 0.64 meter zijn. Deze waarden geven een schatting van de gemiddelde breedte en diepte om het dwarsprofiel te bepalen (Makaske & Maast, 2015).



Het dwarsprofiel van de nevengeul is weergegeven in figuur E.3. Door het verschil in diepte zal de nevengeul in het midden sneller stromen. Doordat het dwarsprofiel bovenin breder is, zal de waterdiepte in de nevengeul minder zakken als de afvoer lagere is dan $1.5 \text{ m}^3/\text{s}$.

Figuur E.3: Dwarsprofiel nevengeul

Lengteprofiel

Het lengteprofiel van de nevengeul hangt af van het maximale peilverschil en van de totale lengte van de nevengeul. Het maximale peilverschil is 2 meter, zie figuur E.1. Dit hoogteverschil zal door de nevengeul moeten worden opgevangen. De lengte van de nevengeul zal 2 kilometer worden. Het verhang van de nevengeul zal kan berekend worden met: $\frac{\text{maximaal peilverschil}}{\text{lengte}} = \frac{2 \text{ meter}}{2 \text{ kilometer}} = 1 \text{ m/km}$. Bij een waterpeil van 19.3 m+ NAP in de Beneden Dinkel en een waterdiepte van 0.8 meter zal de bodem van de nevengeul bovenstrooms op een hoogte van 18.5 m+ NAP liggen en benedenstrooms op 16.5 m+ NAP. De lengte van de nevengeul wordt 2 kilometer met een verhang van 1 m/km.

Ruwheid

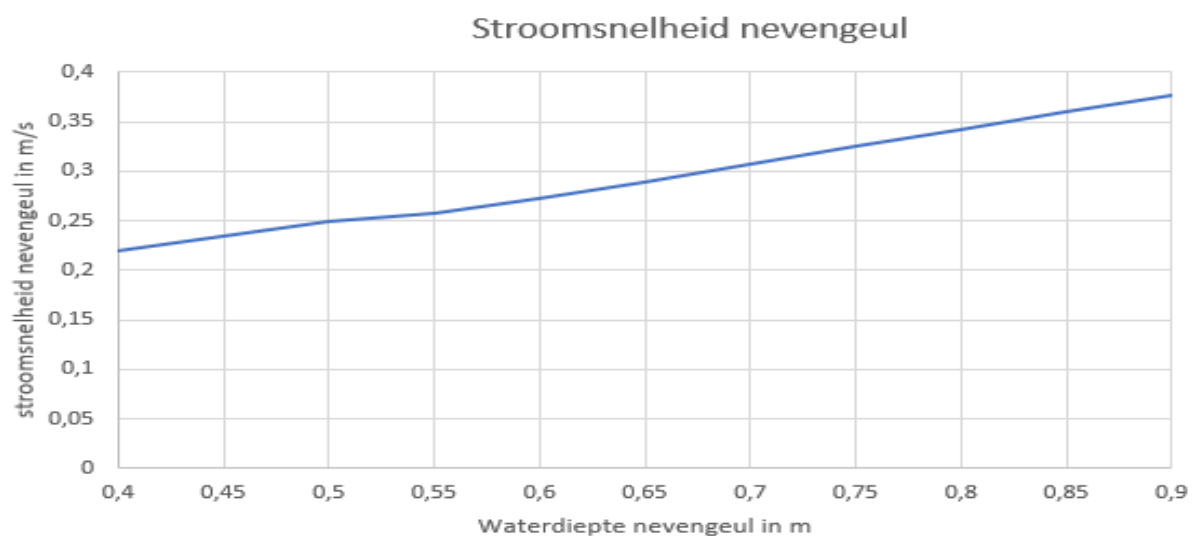
De stroomsnelheid en de afvoer van nevengeul is afhankelijk van het hydraulische straal (afhankelijk van het dwarsprofiel), het verhang en de ruwheid (Coenen et al., 2013). Het verhang en het dwarsprofiel van de nevengeul zijn bepaald. In de nevengeul zullen waterplanten en struiken aanwezig zijn, daarnaast zal er dood hout in de nevengeul worden aangebracht. De ruwheid van een geul met waterplanten en dood hout is $0.07 \text{ m}^{-1/3\text{s}}$ (Kroes & Monden, Vismigratie, een handboek voor herstel in Vlaanderen en Nederland, 2005). De aanwezigheid van waterplanten en dood hout biedt vissen schuilmogelijkheden en kan daarnaast als paaiplaats worden gebruikt (Postma, 2011).



Figuur E.4: Beek met hoge ruwheid

Berekenen stroomsnelheid

De stroomsnelheid in de nevengeul is bepaald met de formule van Manning: $v = \frac{1}{n} * R^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}}$ (Coenen et al., 2013). In figuur E.5 is de stroomsnelheid in de nevengeul weergegeven bij de waterdiepte. De stroomsnelheid ligt tussen de 0.25 m/s bij lage waterdieptes en 0.34 m/s bij een waterdiepte van 0.8 meter. De stroomsnelheid in de nevengeul voldoet hiermee aan de eis van maximale stroomsnelheid.

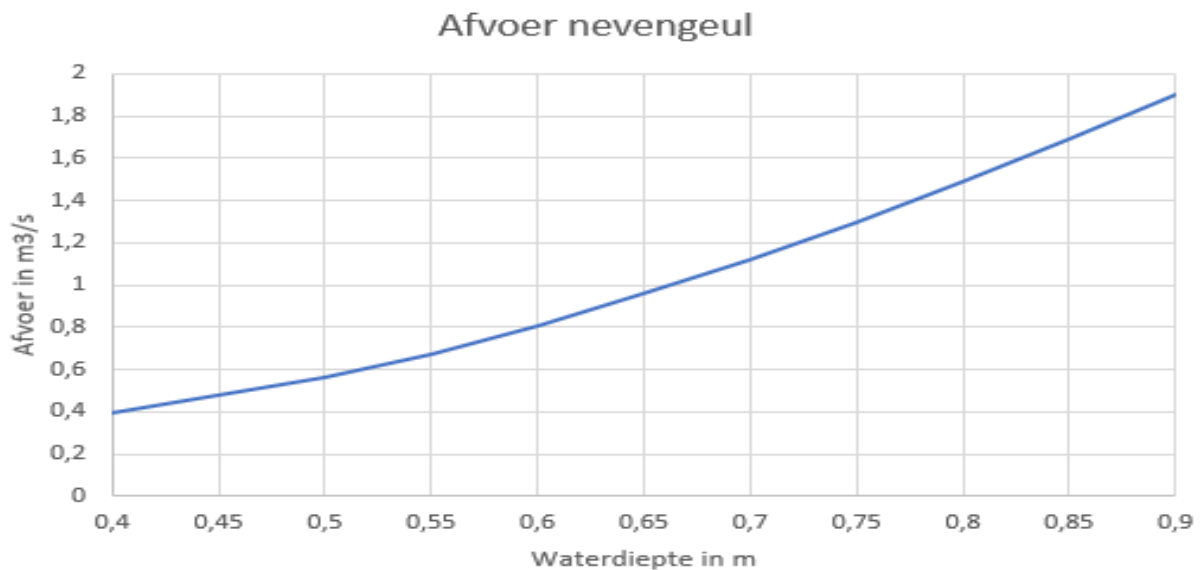


Figuur E.5: stroomsnelheid nevengeul bij dwarsprofiel (E.3), verhang 1 m/km en ruwheidscoëfficiënt 0,07

Berekenen afvoer

De afvoer in de nevengeul is bepaald met de formule: $Q = \frac{1}{n} * R^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}} * A$

De afvoer in de Beneden Dinkel bepaalt de waterdiepte in de nevengeul. De nevengeul is ontworpen op een afvoer van 1.5 m³/s en bij deze afvoer is de waterdiepte in de nevengeul 0.8 meter. In figuur E.6 is de afvoer van de nevengeul weergegeven bij de waterdiepte. De waterdiepte in de nevengeul zakt bij een 1/100Q afvoer (0.57 m³/s) naar een waterdiepte van 0.5 meter. De waterdiepte in de nevengeul zal fluctueren tussen de 0.5 meter en 0.8 meter. Als de waterdiepte in de nevengeul zakt naar 0.5 meter, zal het waterpeil in de Beneden Dinkel zakken naar een waterpeil van 19.0 meter.



Figuur E.6: Afvoer nevengeul bij dwarsprofiel (7.3), verhang 1 m/km en ruwheidscoëfficiënt 0,07

Bijlage F – Vertical slot vispassage in nevengeul

Bepalen eigenschappen vertical slot vispassage

De vertical slot vispassage moet een hoogteverval van 30 centimeter opvangen. Het hoogteverval moet tussen de 5 en 8 centimeter zijn (eisen en wensen). Het hoogteverval heeft invloed op de afvoer en de stroomsnelheid in de nevengeul zoals te zien is in de berekeningen. Het hoogteverval per slot zal 6 centimeter zijn.

Het aantal slots in de vispassage kan berekend worden door: $Aantal\ slots = \frac{hoogteverval}{hoogteverval\ per\ slot} = \frac{30}{6} = 5$ slots. Het aantal kamers in de vispassage is het aantal slots -1, dus zijn er 4 kamers nodig. De waterdiepte in de vispassage moet minimaal 50 centimeter zijn om vissen te beschermen tegen natuurlijke vijanden. De waterdiepte heeft invloed op de afvoer en stroomsnelheid. De waterdiepte in de vispassage is daarom 50 centimeter. De breedte van de slots moeten groot genoeg zijn voor alle vissoorten en heeft een breedte van 0.4 meter. De lengte van de kamers zijn 1.5 meter en de breedte 1.2 meter.

Berekeningen stroomsnelheid, afvoer en energiedemping

De stroomsnelheid kan berekend worden met de formule:

$$V_{gem} = C * \sqrt{2g * \Delta h} \quad (\text{Coenen et al., 2013}).$$

Hierbij is C de afvoer coëfficiënt, g de valversnelling (9.81 m/s^2) en Δh het verval in de vertical slot in meter. Voor de afvoer coëfficiënt zal 0.7 worden gebruikt, deze is afhankelijk van het ontwerp en de waterhoogte in de vispassage (Boiten & Dommerholt, 2004).

De gemiddelde stroomsnelheid in de vertical slot vispassage is $V_{gem} = 0.7 * \sqrt{2 * 9.81 * 0.06} = 0.76 \text{ m/s}$.

De afvoer kan berekend worden met de formule:

$$Q = C * b * y_0 * \sqrt{2g * \Delta h} \quad (\text{Coenen et al., 2013}).$$

b is de breedte van de slots en y_0 is de waterdiepte in de vispassage.

De afvoer in de vispassage is $Q = 0.7 * 0.4 * 0.5 * \sqrt{2 * 9.81 * 0.06} = 0.15 \text{ m}^3/\text{s}$.

De energiedemping in de kamer kan berekend worden met de formule:

$$\varepsilon = \frac{\rho * g * Q * \Delta h}{L * B * y_0} \quad (\text{Coenen et al., 2013}).$$

ρ is de dichtheid van water is 998 kg/m^3 , L is de lengte van de kamer en B is de breedte van de kamer.

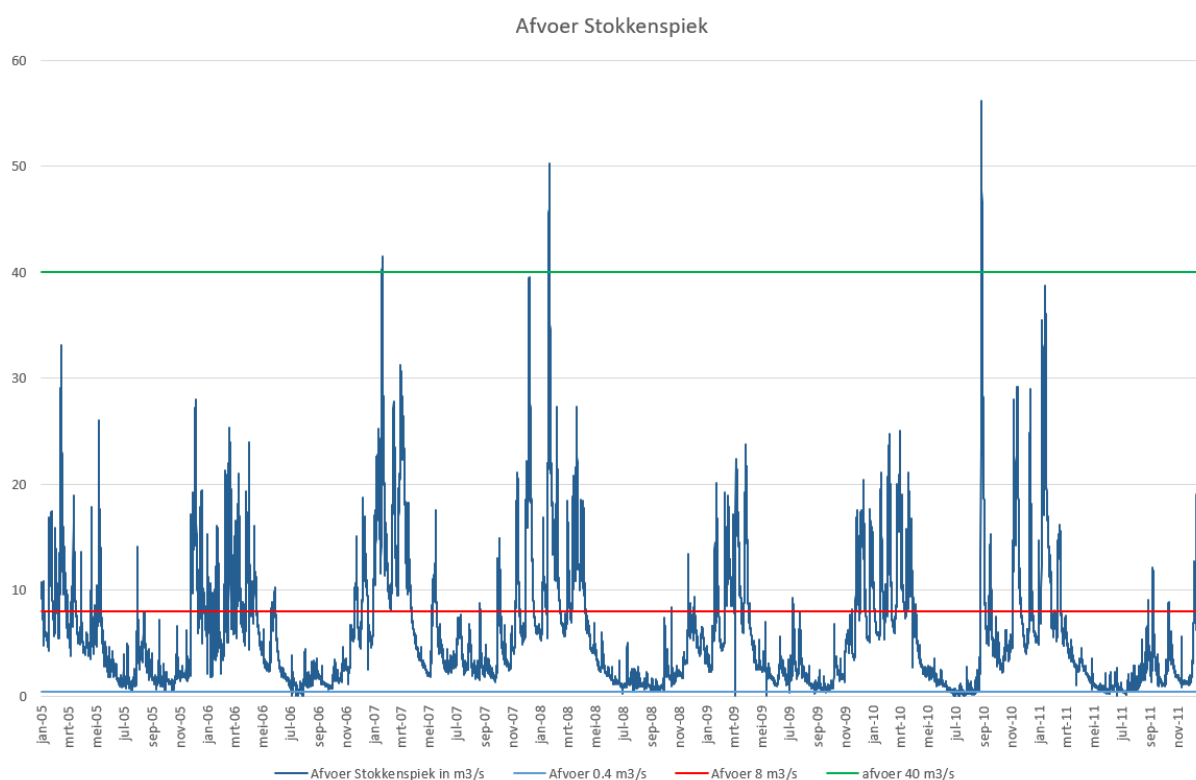
De energiedemping in de kamer is: $\varepsilon = \frac{998 * 9.81 * 0.15 * 0.06}{1.5 * 1.2 * 0.5} = 97.9 \text{ W/m}^3$

Bijlage G – Vertical slot vispassage in hoofdloop

Bepalen eigenschappen vertical slot vispassage

De vertical slot vispassage moet een hoogteverval van 2 meter opvangen (figuur E.1). Het hoogteverval moet tussen de 5 en 8 centimeter zijn (eisen en wensen). Het hoogteverval heeft invloed op de afvoer en de stroomsnelheid in de nevengeul zoals te zien is in de berekeningen. Het hoogteverval per slot zal 6 centimeter zijn.

Het aantal slots in de vispassage kan berekend worden door: $Aantal\ slots = \frac{hoogteverval}{hoogteverval\ per\ slot} = \frac{200}{6} = 34\ slots$. Het aantal kamers in de vispassage is het aantal slots -1, dus zijn er 33 kamers nodig. Per 8 kamers moet er 1 rustbekken zijn, dus er zijn 3 rustbekkens nodig. In figuur G.1 is de afvoer bij Stokkenspiek te zien. Om er voor te zorgen dat de lokstroom van de vispassage sterk genoeg is zal de vispassage worden ontworpen op een afvoer van 0.4 m³/s. Deze afvoer wordt bijna het hele jaar overschreden. De breedte van de slots zal 0.4 meter zijn. De waterdiepte in de vispassage zal 1.3 meter zijn. De breedte van de kamers is 1.4 meter en de lengte is 1.75 meter. De lengte van een rustkamer is 3.5 meter.



Figuur G.1: Afvoer Stokkenspiek 2005 - 2012

Berekeningen stroomsnelheid, afvoer en energiedemping

De stroomsnelheid kan berekend worden met de formule:

$$V_{gem} = C * \sqrt{2g * \Delta h} \quad (\text{Coenen et al., 2013}).$$

Hierbij is C de afvoer coëfficiënt, g de valversnelling (9.81 m/s^2) en Δh het verval in de vertical slot in meter. Voor de afvoer coëfficiënt zal 0.7 worden gebruikt, deze is afhankelijk van het ontwerp en de waterhoogte in de vispassage (Boiten & Dommerholt, 2004).

De gemiddelde stroomsnelheid in de vertical slot vispassage is $V_{gem} = 0.7 * \sqrt{2 * 9.81 * 0.06} = 0.76 \text{ m/s}$.

De afvoer kan berekend worden met de formule:

$$Q = C * b * y_0 * \sqrt{2g * \Delta h} \quad (\text{Coenen et al., 2013}).$$

b is de breedte van de slots en y_0 is de waterdiepte in de vispassage.

De afvoer in de vispassage is $Q = 0.7 * 0.4 * 1.3 * \sqrt{2 * 9.81 * 0.06} = 0.4 \text{ m}^3/\text{s}$.

De energiedemping in de kamer kan berekend worden met de formule:

$$\varepsilon = \frac{\rho * g * Q * \Delta h}{L * B * y_0} \quad (\text{Coenen et al., 2013}).$$

ρ is de dichtheid van water is 998 kg/m^3 , L is de lengte van de kamer en B is de breedte van de kamer.

De energiedemping in de kamer is: $\varepsilon = \frac{998 * 9.81 * 0.4 * 0.06}{1.75 * 1.4 * 0.5} = 76 \text{ W/m}^3$

De energiedemping in een rustkamer is: $\varepsilon = \frac{998 * 9.81 * 0.4 * 0.06}{3.5 * 1.4 * 0.5} = 38 \text{ W/m}^3$

Lokstroom

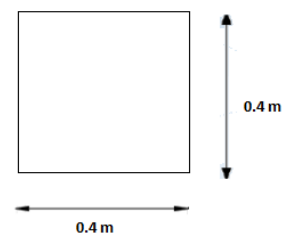
De lokstroom is sterk genoeg als ten minste 5% via de technische vispassage wordt afgevoerd (Coenen et al., 2013). De vispassage heeft een afvoer van $0.4 \text{ m}^3/\text{s}$ en de lokstroom zal sterk genoeg zijn tot een afvoer van $8 \text{ m}^3/\text{s}$ in de hoofdloop. In figuur G.1 is te zien dat de afvoer in de Beneden Dinkel regelmatig hoger is dan $8 \text{ m}^3/\text{s}$.

Om de lokstroom te versterken kan er een vierkanten betonnen buis worden aangelegd met een breedte en hoogte van 0.4 meter met een lengte van 30 meter. De uitstroomopening van de buis zal bij de uitstroomopening van de vispassage liggen (figuur 7.9). De Manning coëfficiënt van beton is 0.013 (FishXing, 2006). Het verhang van de buis is 0.0167 m/m . De afvoer door de

buis kan berekend worden met de formule van Manning: $Q = \frac{1}{n} * R^{\frac{2}{3}} * S^{0.5} * A$

(Coenen et al., 2013). De afvoer door de buis is $1.6 \text{ m}^3/\text{s}$. Als er water via de buis wordt afgevoerd is de totale afvoer door de buis en de vispassage $2 \text{ m}^3/\text{s}$

en zal de lokstroom sterk genoeg zijn tot een totale afvoer van $40 \text{ m}^3/\text{s}$. De afvoer in de Beneden Dinkel is vrijwel nooit hoger dan $40 \text{ m}^3/\text{s}$ (figuur G.1).



Figuur G.2: dwarsprofiel buis