

Ontwerp vispassage De Pol

Rapportnummer: 20130478/001
Status rapport: Concept 7
Datum rapport: 29-11-2013

Auteur: J. Hop & F.T. Vriese
Projectleider: F.T. Vriese
Kwaliteitscontrole: F.T. Vriese

Opdrachtgever: Eelerwoude
Mossendamsdwarsweg 3
7472 DB Goor

Dit rapport is digitaal gegenereerd en derhalve niet voorzien van een handtekening. De inhoud van de rapportage is aantoonbaar gecontroleerd en vrijgegeven.

SAMENVATTING

@@ invoegen samenvatting @@



INHOUDSOPGAVE

1 INLEIDING	1
1.1 Kader	1
1.2 Doel- en vraagstelling	1
1.3 Leeswijzer	1
2 STUDIEGEBIED	2
2.1 Oude IJssel	2
2.2 Sluis- en stuwcomplex de Pol	2
3 VISSTAND EN VISMIGRATIE	4
3.1 Visstand Oude IJssel	4
3.2 Vismigratie	4
4 BIOLOGISCHE ONTWERPCRITERIA	6
4.1 Algemeen	6
4.2 Aansluiting migratieroute	6
4.3 Ontwerpdebiet	7
4.4 Passeerbaarheid	7
5 RANDVOORWAARDEN EN WENSEN	10
5.1 Randvoorwaarden	10
5.2 Wensen	10
6 ONTWERP	11
6.1 Algemeen	11
6.2 Kenmerken vertical slot vispassage	11
6.3 Uitwerking ontwerp	12
6.4 Vormgeving, materiaalkeuze en inrichting vertical slot vispassage	17
6.4.1 Vormgeving	17
6.4.2 Materiaalgebruik	17
6.4.3 Inrichting	17
6.5 In- en uitzwemopening vertical slot vispassage	18
6.6 Instroomopening nevengeul	18
7 RECREATIE, EDUCATIE, BEHEER EN ONDERHOUD	19
7.1 Recreatie	19
7.2 Educatie	19
7.3 Beheer en onderhoud	19
8 LITERATUUR	21

1 INLEIDING

1.1 Kader

De Oude IJssel is door de provincie Gelderland aangewezen als een natte ecologische verbindingszone (EVZ) conform model Winde en deels model Rietzanger. In 1998 is de EVZ visie Oude IJssel vastgesteld. De provincie heeft het waterschap gevraagd het “gebiedsproces” te trekken. Omdat de Oude IJssel verschillende functies kent, er diverse belangen in het gebied spelen en om draagvlak te creëren is in 2003 samen met 21 betrokken partijen een EVZ uitvoeringsconvenant getekend. Het reconstructieplan gaf in 2005 aanvullende kaders voor de wateropgave. Omdat er rondom sluis- en stuwcomplex de Pol allerlei toekomstige ontwikkelingen spelen heeft het dagelijks bestuur van het waterschap op 30 juni 2011 het Masterplan de Pol vastgesteld (Manschot, 2011). Dit plan geeft het ruimtelijk kader voor de ontwikkelingen op hoofdlijnen weer. In dit plan zijn de eisen en wensen omschreven waarbij de eisen een verplichte opgave vormen en de wensen, indien mogelijk, meegenomen worden binnen de planuitwerkingen.

1.2 Doel- en vraagstelling

Binnen dit project dient een ecologisch element (stapsteen) in combinatie met vispasseerbaarheid en recreatief medegebruik gerealiseerd te worden, waarbij wordt voldaan aan de kaders zoals gesteld in het EVZ model Winde en Rietzanger en het Masterplan de Pol. Voorliggende rapportage behandelt enkel het ontwerp van de vismigratievoorziening ten behoeve van de vispasseerbaarheid.

1.3 Leeswijzer

Na deze inleiding wordt in hoofdstuk twee en drie eerst ingegaan op het studiegebied, visstand en vismigratie. Hoofdstuk vier en vijf behandelen de biologische ontwerpcriteria en de randvoorwaarden en wensen met betrekking tot het ontwerp. Hoofdstuk zes behandelt de uitwerking van de vispassage. Hoofdstuk zeven gaat in op recreatie, educatie, beheer en onderhoud. In hoofdstuk acht wordt de gebruikte literatuur gepresenteerd.

2 STUDIEGEBIED

2.1 Oude IJssel

De Oude IJssel is een langzaam stromend gekanaliseerd riviertje. De rivier ontspringt in Duitsland tussen de plaatsen Raesfeld en Borken. Vanaf de Duitse grens stroomt de Oude IJssel over een lengte van 27 kilometer op Nederlands grondgebied, om bij Doesburg in de (Geldersche) IJssel uit te monden. Binnen het stroomgebied van de Oude IJssel bevinden zich een drietal stuwen, namelijk benedenstrooms bij Doesburg (stuw en sluizencomplex Doesburg), bovenstrooms van Doetinchem (stuw en sluizencomplex De Pol) en ter hoogte van Ulft (stuw Ulft).

Binnen het beheergebied van Waterschap Rijn en IJssel is de Oude IJssel de enige vaarweg waarop ook beroepsscheepvaart plaatsvindt. Vanaf Doetinchem is er enkele nog sprake van recreatieve vaart. Met betrekking tot de doelstellingen van de Oude IJssel geldt dat deze blijft ingericht als een geschikte vaarweg voor de beroepsvaart en de recreatieve vaart (Waterbeheerplan, 2010). Het inrichten van de Oude IJssel als ecologische verbindingszone (EVZ) is afgestemd op het gebruik van de Oude IJssel als vaarweg.

2.2 Sluis- en stuwcomplex de Pol

Locatiebeschrijving

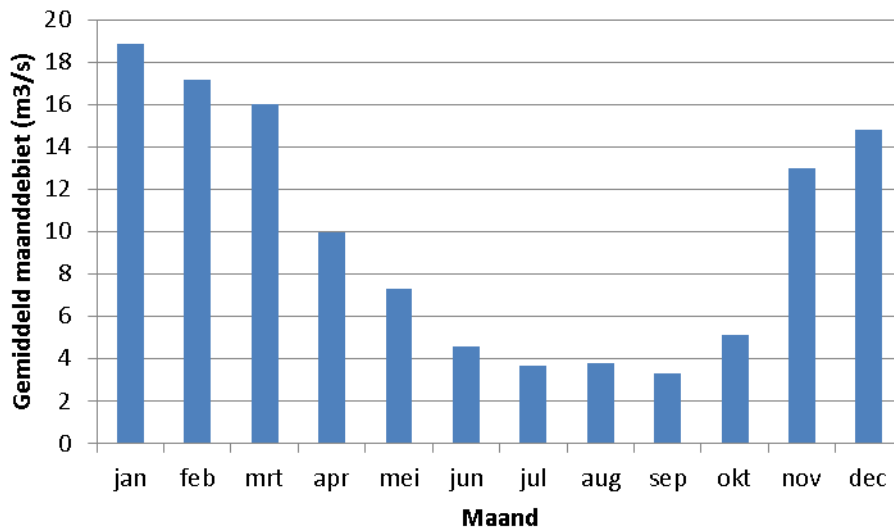
Het sluis- en stuwcomplex de Pol bevindt zich bovenstrooms van Doetinchem ter hoogte van de rioolwaterzuiveringsinstallatie (RWZI) Etten. Het complex bestaat uit een sluis die in het midden van de Oude IJssel is gelegen. Naar beide oevers toe bevindt zich een stuw. Op de linkeroever (stroomafwaarts gekeken) bevindt zich de RWZI Etten. Op de rechteroever bevindt zich de monding van de Bielheimerbeek.



Figuur 2.1. Sluis- en stuwcomplex de Pol met daaronder de RWZI Etten (bron afbeelding: Google Earth/Aerodata International Surveys, 2013).

Afvoer en peilbeheer

Over de periode 1978 tot en met 2009 bedraagt het jaargemiddelde debiet van de Oude IJssel circa 10,4 m³/s (ten hoogte van de Pol). De afvoer is het hoogst gedurende de winterperiode (14 tot circa 19 m³/s) afnemend tot minder dan 4 m³/s tijdens de zomermaanden. In het voorjaar (maart tot en met juni) bedraagt de gemiddelde afvoer over de weergegeven periode circa 9,3 m³/s. Sinds 2005 ligt de gemiddelde afvoer in het voorjaar net onder de 9,0 m³/s.



Figuur 2.2. Gemiddeld maanddebiet in de periode 1978-2009.

Met betrekking tot het peilbeheer geldt een streefpeil van circa 10,00 meter +NAP benedenstrooms van de stuw. Over de periode 1978 tot en met 2009 bedraagt het jaargemiddelde peil op deze locatie 10,04 meter +NAP. Het minimum- en maximumpeil over deze periode is respectievelijk 9,44 en 11,40 meter +NAP. Over de laatste jaren van deze periode (vanaf 2005) bedraagt het minimum- en maximumpeil respectievelijk 9,85 en 11,00 meter +NAP.

Bovenstrooms van de stuw wordt op dit moment nog een winter- en zomerpeil gehanteerd van respectievelijk 12,00 en 12,40 meter +NAP. Over de periode 1978 tot en met 2009 is het laagst gemeten peil 11,23 meter + NAP. De hoogst gemeten waterstand aan de bovenstroomse zijde van de stuw bedraagt 12,52 meter +NAP. In de nabije toekomst is het de bedoeling om bovenstrooms van de stuw het gehele jaar een streefpeil van 12,30 meter +NAP te hanteren. Het peilverschil wordt hiermee constant en bedraagt gedurende het gehele jaar circa 2,3 meter.

RWZI Etten en Ettense Waterloop

De RWZI Etten bevindt zich bovenstrooms van de stuw op de linkeroever. Vanuit zuidelijke richting lopen twee persleidingen (diameter 800 mm) die zorgen voor de aanvoer naar de RWZI. Deze persleiding ligt op een diepte van 11,00 meter +NAP (bovenzijde, het hart ligt op 10,60 m +NAP). Aan de noordzijde stroomt het effluent via een pijpleiding 35 meter benedenstrooms van het sluis- en stuwcomplex in de Oude IJssel. Deze pijpleiding heeft een diameter van 1200 mm en ligt op een diepte van ongeveer 0,3 meter (12,40 meter +NAP) beneden het bestaand maaiveld (12,70 meter +NAP). Zuidoostelijk van de waterzuivering ligt de Ettense Waterloop. Deze waterloop loopt om de RWZI.

3 VISSTAND EN VISMIGRATIE

3.1 Visstand Oude IJssel

In tabel 3.1 is de soortensamenstelling van de visstand in de Oude IJssel weergegeven voor de periode tot 2000, in het jaar 2006 en 2010. Voor elke vissoort is eveneens het stromingsgilde en migratietype gegeven. In totaal zijn gedurende deze jaren in totaal 34 vissoorten aangetroffen. Van deze soorten zijn tijdens alle jaren de soorten baars, blankvoorn en brasem het meest talrijk. Over het algemeen is de aangetroffen visstand dan ook kenmerkend voor genormaliseerde beken.

3.2 Vismigratie

Vismigratie is te omschrijven als de verplaatsing van vissen tussen paai-, opgroei- en overwinteringsgebieden, inclusief de dagelijkse verplaatsingen die nodig zijn voor het vinden van voedsel en verplaatsingen als gevolg van ongunstige omstandigheden (Kroes & Monden, 2005). De aard van de migratie verschilt sterk per vissoort en ook binnen vissoorten kan er sprake zijn van sterke variatie. Ook de periode van migratie verschilt per soort en kan hierbij afhankelijk zijn van zowel interne als externe factoren.

De vissoorten in de Oude IJssel die over de verste afstanden migreren zijn de soorten paling, rivierprik en driedoornige stekelbaars. Gedurende de levenscyclus migreren deze soorten tussen zoet- en zoutwater, al kent de driedoornige stekelbaars eveneens standpopulaties die enkel in zoetwater leven. Waarschijnlijk behoren de driedoornige stekelbaarzen in de Oude IJssel tot de standpopulaties. Anadrome stekelbaarzen trekken vaak niet verder dan zo'n 60 kilometer landinwaarts.

Dat er binnen vissoorten sprake kan zijn van sterke variatie in de migratie afstand toont het onderzoek van Winter (2007) aan. Bij onderzoek naar de migratie van windes bleek dat sommige exemplaren jaarrond in een gebied van slechts enkele kilometers aanwezig waren, terwijl anderen over afstanden tot meer dan 180 kilometer migreerden. In België is vastgesteld dat blankvoorns in een sterk verstuwde rivier minder dan een kilometer afleggen om een paaiplaats te bereiken. Indien vrije vismigratie mogelijk is worden afstanden van acht tot twaalf kilometer afgelegd. De migratie wordt hiermee sterk beperkt door verstuwung (Geeraerts *et al.*, 2006).



Figuur 3.1. Windes, één van de voorkomende migrerende vissoorten.

Tabel 3.1. Soortensamenstelling visstand Oude IJssel.

Stromingsgilde	Vissoort	Migratietype ¹	tot 2000 ²	2006 ³	2010 ⁴
Eurytoop	Aal/paling	katadroom	x	x	x
	Alver	regionaal	x		
	Baars	lokaal/regionaal	x	x	x
	Blankvoorn	lokaal/regionaal	x	x	x
	Brasem	lokaal/regionaal	x	x	x
	Driedoornige stekelbaars	anadroom*	x	x	x
	Europese meerval	lokaal	x		x
	Giebel	lokaal	x		
	Goudvis	lokaal		x	
	Karper	lokaal/regionaal	x		x
	Kleine modderkruiper	lokaal	x	x	x
	Kolblei	lokaal	x	x	x
	Kwabaal	lokaal/regionaal	x		
	Pos	lokaal	x	x	x
	Snoek	lokaal/regionaal	x	x	x
	Snoekbaars	lokaal/regionaal	x	x	x
Limnofiel	Bittervoorn	lokaal			x
	Grote modderkruiper	lokaal	x		
	Ruisvoorn	lokaal	x	x	x
	Tienddoornige stekelbaars	lokaal/regionaal	x		
	Zeelt	lokaal	x	x	x
Rheofiel	Beekforel	lokaal/regionaal	x		
	Bermpje	lokaal	x	x	x
	Kopvoorn	lokaal/regionaal	x	x	
	Rivierdonderpad	lokaal	x	x	x
	Riviergrondel	lokaal	x	x	
	Rivierprik	anadroom	x		
	Serpeling	lokaal/regionaal	x	x	
	Vlagzalm	lokaal/regionaal	x		
	Winde	lokaal/regionaal	x	x	x
Exoot	Graskarper	-	x		
	Marmmergrondel	-			x
	Roofblei	lokaal	x	x	x
	Zonnebaars	-	x		

* Driedoornige stekelbaars kent ook standpopulaties.

¹ Kroes & Monden (2005)

² Kroes & Vriese (2001)

³ Rutjes (2007)

⁴ Boedeltje (2010)

4 BIOLOGISCHE ONTWERPCRITERIA

4.1 Algemeen

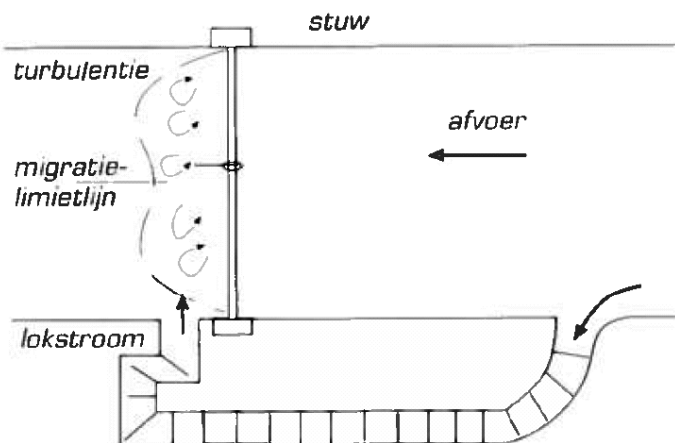
Met betrekking tot de functionaliteit van een vispassage geldt dat deze afgelezen kan worden aan de eenvoud waarmee vissen deze kunnen passeren. Vanuit de biologische kenmerken en eisen van vissen kunnen voor het ontwerp criteria worden geformuleerd. In grote lijnen zijn deze criteria onder te verdelen in:

- aansluiting migratieroute;
- lokstroom en ontwerpdebiet;
- aansluiting bodem.

4.2 Aansluiting migratieroute

De functionaliteit van de vispassage is primair gericht op stroomopwaarts gerichte migratie van vis. Stroomafwaarts gerichte migratie van vis is in principe mogelijk via de stuw, alwaar normaliter het grootste debiet over gaat. Desondanks geldt overigens dat ook stroomafwaarts gerichte migratie aandacht vraagt (Raaijmakers, 1993). Voor de efficiëntie van een vispassage is het belangrijk dat vissen de ingang van de voorziening weten te vinden. Bij vispassages die over de volledige breedte van een waterloop gelegen zijn, is de attractiviteit maximaal. De ingang van een bypass, die dus niet de totale waterbreedte beslaat, is in grote mate afhankelijk van de locatie ten opzichte van de migratielinielijn.

De migratielinielijn is de grens van het gebied waarin de turbulenties of stroomsnelheden voor de vis te hoog zijn om verder stroomopwaarts te trekken (Kroes & Monden, 2005). Vanaf dit punt zal de vis een alternatieve route zoeken om stroomopwaarts te raken en zoekgedrag vertonen. De ligging van de migratielinielijn is afhankelijk van de afvoer en de stroomsnelheden die vissoorten/lengteklassen kunnen overbruggen. Bij een lage afvoer en voor sterke zwemmers ligt de migratielinielijn dicht bij de stuw, bij een hoge afvoer en voor zwakke zwemmers ligt de migratielinielijn verder van de stuw af. In figuur 4.1 is de ligging van een migratielinielijn en de turbulente zone schematisch weergegeven.



Figuur 4.1. Ligging migratielinielijn en ingang vispassage bij een stuwcomplex (overgenomen uit: Kroes & Monden, 2005).

De ligging van de ingang van de vispassage is ideaal wanneer deze aan de rand van de migratielinielijn ligt. De migratielinielijn heeft een zekere bolling als gevolg van hogere stroomsnelheden in het midden van de waterloop. Doordat vissen de stuw bij de oevers dichterbij kunnen benaderen zullen ze zich hier gaan verzamelen, wat pleit voor de uitstroom van de vispassage aan de oever (Kroes & Monden, 2005). Voor de vispassage rond sluis- en stuwcomplex de Pol geldt dat de ligging al in het Masterplan (Manschot, 2012) is vastgesteld, namelijk op de linkeroever. In grote lijnen komt de ligging van de ingang hiermee overeen zoals weergegeven in figuur 4.1.

Naast de ligging is eveneens het ontwerp en de aansluiting van de in- en uitzwemopening van belang. De inzwemopening van het laatste (stroomafwaarts gelegen) bekken dient zo veel mogelijk aan te sluiten op de bodemligging van de Oude IJssel zelf, waarbij er sprake is van een zo geleidelijk mogelijke overgang. Door een geleidelijke overgang van de waterbodem naar de bodem van de vispassage wordt de intrek van bodemgebonden vissoorten vereenvoudigd.

Met betrekking tot de richting van de lokstroom geldt dat deze bij voorkeur zo ver mogelijk de waterloop ingaat. Hierdoor wordt de kans dat vissen de inzwemopening vinden, gemaximaliseerd. De lokstroom dient hiertoe loodrecht op de waterloop te staan. Bij vispassages met een hoog debiet, in relatie tot het debiet door de waterloop, kan de lokstroom/inzwemopening het best onder een hoek van 30° met de waterloop geplaatst worden (Kroes & Monden, 2005). Aangezien er in het huidige ontwerp gerekend wordt met een ontwerpdebiet van 10% van de totale afvoer (zie paragraaf 4.3) dient de lokstroom loodrecht op de waterloop te staan.

4.3 Ontwerpdebiet

De stroming vanuit de vispassage dient de stroomopwaarts migrerende vissen de vistrap in te lokken. Deze stroming wordt dan ook wel lokstroom genoemd. De kwaliteit (effectiviteit) van de lokstroom hangt af van de locatie van de uitstroomopening ten opzichte van de barrière, de uitstroomrichting, het debiet, de stroomsnelheid en het dwarsprofiel van de uitstroomopening. De eerste twee aspecten en het laatste aspect zijn al in paragraaf 4.2 aan de orde gekomen. Het (ontwerp)debiet komt in deze paragraaf aan bod.

Met betrekking tot het ontwerpdebiet geldt dat hier over het algemeen geen eenduidige richtlijnen voor zijn. Het ideale debiet kan verschillen van situatie tot situatie, waarbij de eerder genoemde aansluiting op de migratieroute van belang is (zie paragraaf 4.2). Voor Nederlandse rivieren wordt normaliter gerekend met een ontwerpdebiet van 5 -10% van de waterafvoer en 1,0-1,5% van de hoogste waterafvoer (Kroes & Monden, 2005). Over het algemeen geldt hierbij dat hoe kleiner een waterloop is, des te groter het debietaandeel door de visdoorgang moet zijn. In Engeland en Wales wordt een minimum debiet aangehouden van 5% van het dagelijks debiet en indien mogelijk meer dan 10% (lit. in Armstrong *et al.*, 2010). Deze richtlijn wordt ook door Coenen *et al.* (2013) aangegeven. Waterschap Rijn en IJssel hanteert als richtlijn 10% van het voorjaarsdebiet (richtlijnen Waterschap Rijn en IJssel). Binnen het ontwerp wordt deze richtlijn aangehouden.

Een belangrijk aspect van het ontwerpdebiet is dat uitgegaan dient te worden van een debiet waarbij de vispassage (vrijwel) jaarrond functioneert, in het bijzonder tijdens de migratieperiode van de meeste vissoorten (voorjaar). In verhouding tot het najaar is het debiet in het voorjaar over het algemeen lager. Coenen *et al.* (2013) geven als richtlijn dat gedurende 90% van de migratieperiode (1 maart tot en met 31 mei) de vispassage functionerend moet zijn. Afhankelijk van specifieke vissoorten kan de migratieperiode hierbij langer zijn. Waterschap Rijn en IJssel houdt als richtlijn aan dat de passage, indien mogelijk, het gehele jaar vispasseerbaar moet zijn of anders in ieder geval in de periode van februari tot en met juni (met een minimum van 75% van deze periode).

Zoals in paragraaf 2.2 weergegeven ligt het gemiddelde debiet gedurende het voorjaar rond de 9 tot $10 \text{ m}^3/\text{s}$ (de laatste jaren $9,0 \text{ m}^3/\text{s}$). Uitgaande van een aandeel van 10% van het voorjaarsdebiet wordt het ontwerpdebiet van de vispassage $0,9 \text{ m}^3/\text{s}$. Op basis van de periode 1978-2009 geldt dat er in 90% van de tijd voldoende afvoer is om het ontwerpdebiet te behalen. Wanneer enkel naar de voorjaarsperiode wordt gekeken, dan geldt dat er in 96-97% van de tijd voldoende afvoer is om de vispassage goed in werking te houden. Deze waarde ligt ruimschoots boven de 75% die het waterschap Rijn en IJssel als minimum hanteert.

4.4 Passeerbaarheid

De passeerbaarheid van een vispassage is te definiëren als het gemak waarmee vissen de doorgang nemen als ze de ingang eenmaal gevonden hebben (Kroes & Monden, 2005). Relevante aspecten hierbij zijn hoogteverschillen, stroomsnelheden en turbulentie en de waterdiepte in de passage.

Hoogteverschillen

Het peilverschil bij sluis- en stuwcomplex de Pol is aanzienlijk en bedraagt 2,3 meter. De vispassage en nevengeul dienen deze hoogte te overbruggen. Afhankelijk van het ontwerp kan dit verschil geleidelijk (natuurlijk stromingspatroon) of in stappen (niet-natuurlijk stromingspatroon) worden overwonnen. Het peilverschil dat bij deze stappen gehanteerd wordt, ligt normaliter tussen 10 en 20 cm. Een peilverschil van 10 cm heeft hierbij de voorkeur, omdat ook zwakke zwemmers in dat geval goed stroomopwaarts kunnen trekken. De richtlijnen van waterschap Rijn en IJssel geven een maximale stapgrootte van 8 cm. Ook Coenen *et al.* (2013) geven als maximale stapgrootte een waarde van 8 cm. Binnen het ontwerp wordt daarom een maximale stapgrootte van 8 cm aangehouden.

Stroomsnelheden en turbulentie

Afhankelijk van een groot aantal aspecten leidt het aanwezige verval tot een zekere stroomsnelheid in de vispassage. De mate en variatie in deze stroming kan sterk verschillen en is afhankelijk van het ontwerp. Belangrijke aspecten met betrekking tot de stroomsnelheid zijn de aanwezigheid van locaties met lage stroomsnelheden (alwaar de vis kan herstellen van een inspanning) en daarnaast een maximale stroomsnelheid die niet te hoog is. Bij de maximale stroomsnelheid is eveneens de afstand waarover deze van toepassing is van belang. In hoeverre een vis(soort) in staat is een bepaalde stroomsnelheid te overwinnen, is afhankelijk van de sprintsnelheid en het uithoudingsvermogen van een vis.

In laaglandbeken geldt dat een maximale stroomsnelheid van circa 1,0 m/s door oudere juvenielen en volwassen exemplaren van de meeste vissoorten makkelijk overwonnen kan worden. Deze waarde wordt door waterschap Rijn en IJssel dan ook als bovengrens gehanteerd, gemeten op de drempel of in de doorzwemopening. Enige kanttekeningen zijn hierbij echter op zijn plaats. De genoemde maximale stroomsnelheid van 1,0 m/s is een criterium geformuleerd door Muyres (1986) (Ministerie van LNV, toenmalige Directie Openluchtrecreatie). In dezelfde lijst met criteria voor het ontwerp van vispassages wordt tevens het maximale verval per overlaat aangegeven: Δh voor cypriniden maximaal 0,15 m en Δh voor salmoniden maximaal 0,2 m. Een verval van 0,15 m levert een aanzienlijk grotere stroomsnelheid op dan 1 m/s (maximaal tot 1,7 m/s). Genoemde 1 m/s moet dan ook als indicatief gezien worden.

Vanuit het ontwerp moet er voor gezorgd worden dat er een variatie aan stroomsnelheden voorhanden is. Langs de oevers en langs de bodem treden in ieder geval lagere stroomsnelheden op en vissen zijn heel goed in staat deze te vinden en te benutten. Bedacht moet worden dat ook vispassages met een veel groter verval per drempel (in de Rijn in Duitsland: Iffezheim (Δh : 0,3 m) en Gambsheim (Δh : 0,25 m) (en in de Maas in België: Lixhe (Δh : 0,35 m)) zeer goede resultaten opleveren voor zowel cypriniden als salmoniden zoals blijkt uit langjarige monitoring (Vriese, 2010).

Naast stroming is er in vispassages eveneens sprake van turbulentie. Turbulentie is te omschrijven als de woeligheid van het water en vertegenwoordigt een hoeveelheid energie die gedempt kan worden (Kroes & Monden, 2005). De energiedemping per bekken volume is met de volgende formule te beschrijven (Larinier, 1983):

$$\epsilon = \rho \cdot g \cdot Q \cdot \Delta h / L \cdot B \cdot y_0$$

Waarin:

ϵ : energie per bekken (W/m^3);
 ρ : dichtheid van water (998 kg/m^3);
 g : versnelling van de zwaartekracht ($9,81 \text{ m/s}^2$);
 Q : debiet (m^3/s);
 Δh : niveauverschil tussen twee opeenvolgende bekkens (m);
 L : lengte van het bekken (m);
 B : breedte van het bekken (m);
 y_0 : waterdiepte van het bekken (m).

Om vis de gelegenheid tot rust te geven en desoriëntatie als gevolg van turbulentie te voorkomen, dient de energiedemping voldoende groot te zijn. Op basis van literatuur geven Kroes & Monden (2005) als richtlijn voor de maximaal toelaatbare turbulentie een waarde kleiner dan 100 W/m^3 (voor snoek, snoekbaars en cypriniden). Deze waarde wordt ook gehanteerd door waterschap Rijn en IJssel (richtlijnen vispassage).

Waterdiepte

De waterdiepte in een vispassage dient het hele jaar voldoende te zijn om zowel kleine- als grote vis de mogelijkheid tot migratie te bieden. Afhankelijk van het type vispassage zal de waterdiepte variëren. Een waterdiepte van 0,5 meter wordt als minimum aanbevolen voor vispassages (Coenen *et al.*, 2013). De richtlijnen van waterschap Rijn en IJssel geven een minimale diepte van tenminste 30 cm, waarbij deze 75 cm dient te zijn indien de waterloop zomers weinig tot geen afvoer heeft. De waterdiepte in een vispassage heeft normaliter een relatie met de diepte in het waterlichaam. Raat (1993) geeft aan dat de diepte in de vispassage bij voorkeur gelijk is aan de diepte in de hoofdstroom, maar dit is vaak niet te realiseren door de geringere dimensies van de vispassage. Voor de grote rivieren in Nederland geldt dat als richtlijn wordt aangehouden een diepte van 1,5 m (Muyres, 1986). Voor de vispassage bij De Pol wordt een waterdiepte van 0,75 meter aangehouden, waardoor de bodem van de vispassage aansluit op de bodem van de nevengeul.

5 RANDVOORWAARDEN EN WENSEN

5.1 Randvoorwaarden

In het kader van een totale inrichting van het gebied rondom de RWZI Etten is er in het Masterplan de Pol (Manschot, 2011) gekozen voor een vispassage in een omleiding rond de waterzuiveringsinstallatie. Mede omdat daarmee de natuurwaarden beter tot hun recht komen. De inrichting van de vispassage in de vorm van een bypass is dan ook één van de randvoorwaarden met betrekking tot de inrichting, waarbij eveneens sprake is van 6,0 hectare natte natuur. Het Masterplan zegt hierover het volgende:

“De natuurzone bestaat uit de vispassage van de Oude IJssel, welke wordt uitgevoerd in de vorm van een bypass om het zuiveringsterrein en de gereserveerde gronden heen. De inrichting van de ecologische verbingszone bestaat uit poelen, rietoevers, moerassen, ruigtekruiden, struweel en beek- en rivierbegeleidend bos/beplanting.”

De inrichting van de ecologische verbingszone is volgens “model Winde”. De inrichting volgens dit model komt overeen met langzaam stromende midden- en benedenlopen en langzaam stromende riviertjes. De natte delen van deze beeksystemen fungeren als belangrijke intrekroutes en paaimilieus voor diverse vissoorten en vele andere aquatische plant- en diersoorten. Een belangrijke voorwaarde is een ononderbroken watersysteem met schoon en zuurstofrijk water. Tevens is er sprake van voldoende natuurlijke variatie in bodemmateriaal, oeversamenstelling en begroeiing. Specifieke vissoorten bij een dergelijke inrichting zijn de stroomminnende (rheofiele) soorten bierpje, serpel, winde en rivierdonderpad.

Met betrekking tot het ontwerp van de vispassage dient rekening gehouden te worden met de “Technische richtlijn vispassages WRIJ”. Deze sluit aan bij de publicatie “Vismigratie, handboek voor herstel in Vlaanderen en Nederland” (Kroes & Monden, 2005).

5.2 Wensen

Met betrekking tot het ontwerp van de vispassage is er de wens deze te combineren met een recreatieve kanopassage en/of wildwater kanobaan. Vanuit het oogpunt van de vismigratie hoeft dit geen probleem te zijn. De migratie door vispassages kent een hoogtepunt in de vroege ochtenduren en gedurende de schemering tot middernacht. Benutting door kano's zal voornamelijk overdag en in de zomerperiode zijn. Een ander punt is echter de inrichting van de bypass als paai- en opgroeigebied. Het gebruik van de bypass als kanobaan kan deze functies verstoren.

6 ONTWERP

6.1 Algemeen

Met betrekking tot het ontwerp van een vispassage kan gekozen worden voor het herstel van de natuurlijke situatie, een semi-natuurlijke oplossing, een technische oplossing of aangepast beheer (Kroes & Monden, 2005). Binnen het huidige project is gekozen voor een traject natuurlijke verval in de nevengeul gevolgd door een technische oplossing in de vorm van een vertical slot vispassage.

De nevengeul krijgt een lengte van circa 1.400 meter met een waterdiepte van circa 0,75 meter. Het waterpeil bedraagt bovenstrooms 12,30 meter +NAP. Door middel van natuurlijk verval wordt over dit traject een hoogte van 0,80 meter overwonnen. De resterende 1,50 meter wordt middels de vertical slot vispassage overwonnen. Er is gekozen voor een vertical slot vispassage omdat dit type vispassage relatief weinig ruimte nodig heeft. Het verval kan over een relatief korte afstand overbrugd worden. De vispassage heeft een hoge mate van functionaliteit, migratie is mogelijk over de gehele waterkolom en er is sprake van weinig turbulente stroming. De vispassage is toepasbaar bij een grote variatie aan debieten en is relatief ongevoelig voor peilverschillen (deze wordt verdeeld over de verschillende kamers).

Een nadeel van dit type passage is dat het een weinig natuurlijk ogende oplossing is en dat deze bij zeer lage debieten kan leeglopen. Dit is ondervangen door het ontwerpdebiet dusdanig te kiezen dat de vispassage het grootste deel van het jaar functioneert. Daarnaast is dit type vispassage relatief eenvoudig af te sluiten om te voorkomen dat het bovenstroomse deel bij perioden zonder afvoer leegloopt. Vismigratie is dan overigens niet meer mogelijk. De vertical slot vispassage heeft als nadeel dat deze gevoelig is voor verstopping met drijfvuil.

Om de dimensies van de nevengeul en de vertical slot vispassage beperkt te houden, zijn deze ontworpen op de helft van het ontwerpdebiet (50% van $0,90 \text{ m}^3/\text{s} = 0,45 \text{ m}^3/\text{s}$). Om toch de gewenste lokstroom te krijgen wordt het laatste bekken groter gedimensioneerd en wordt hier middels een hevelleiding additioneel $0,45 \text{ m}^3/\text{s}$ aan toegevoegd. De lokstroom bedraagt hierdoor $0,90 \text{ m}^3/\text{s}$.

6.2 Kenmerken vertical slot vispassage

De vertical slot vispassage is oorspronkelijk ontwikkeld in Noord Amerika en zeer uitgebreid toegepast (Clay, 1961; Bell, 1973; 1986, Rajaratnam *et al.*, 1986), zowel binnen de Verenigde Staten als daarbuiten. De basis is een betonnen goot die onder een vaste hellingshoek van bovenstrooms naar benedenstrooms van een barrière loopt. De bekken zijn van elkaar gescheiden door schotten. In elk schot bevindt zich een smalle, verticale opening vanaf de bodem tot aan de bovenzijde van het schot. De passage kan worden omschreven als een hellend (of getrapt) rechthoekig kanaal, waarbij het water via de verticale sleuven van bekken naar bekken stroomt (Kroes & Monden, 2005).



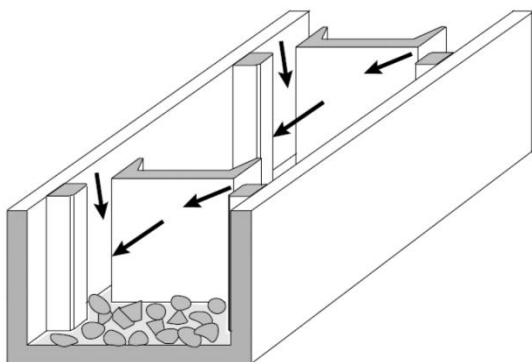
Figuur 6.1. Vertical slot vispassage in werking (links, www.overmaas.nl) en rechts de opbouw van een vispassage (nog niet in werking) met aangestorte bodem.

Doordat de slots van boven het wateroppervlak tot aan de bodem lopen, is het doorzwemmen van de slots over de hele waterkolom mogelijk zodat elke vissoort zijn geprefereerde zwemhoogte kan kiezen. De bodem is veelal voorzien van een laag (vastgelegde) stortsteen met afwisselend gepositioneerde grotere stenen (diameter 20-30 cm). Door aanpassingen aan de slots ontstaat een min of meer meanderend waterstroomverloop aan de hand waarvan vis zich goed kan oriënteren en waardoor rustigere zones in het bekken ontstaan.

Een vertical slot vispassage kan worden uitgevoerd met één of twee slots, waarbij de vormgeving van de slots en de dimensies gevarieerd kunnen worden (met al dan niet verspringende slots of slots aan één zijde van de vispassage). Zo geven Rajaratnam *et al.* (1992) zestien verschillende ontwerpmogelijkheden, die echter qua effectiviteit niet sterk van elkaar verschillen. In sommige gevallen zijn de slots beter passeerbaar of vinden de vissen juist meer rust in het bekken (Kroes & Monden, 2005).

6.3 Uitwerking ontwerp

Met betrekking tot het ontwerp is er gekozen voor een vertical slot vispassage met twee slots van circa 30 cm. Twee slots van 30 cm hebben binnen het huidige ontwerp de voorkeur boven een enkel slot van 60 cm, omdat dit leidt tot een betere energiedemping in het bekken. In navolgende figuur is een voorbeeld van een vertical slot vispassage gegeven met twee slots. Dit type vispassage is in het verleden zeer succesvol gebleken voor salmoniden als ook cypriniden (FAO, 2002).



Figuur 6.2. Voorbeeld van een vertical slot vispassages met twee slots (FAO, 2002).

De dimensies van de vispassage zijn gebaseerd op een debiet van circa 0,45 m³/s. Omdat dit debiet beperkt is ten opzichte van de hoofdstroom wordt gebruik gemaakt van een hevelleiding om een grotere lokstroom te creëren. Binnen het ontwerp wordt het meest benedenstroomse bekken daarom groter gedimensioneerd. Hierin komt naast het debiet uit de vertical slot vispassage, ook de hevelleiding uit.

Het debiet dat door een vertical slot vispassage stroomt is te berekenen aan de hand van onderstaande formule:

$$Q = C \cdot b \cdot y_0 \cdot (2g \cdot \Delta h)^{1/2}$$

Hierin is:

- Q: debiet (m³/s);
- C: afvoercoëfficiënt (-);
- B: sleufbreedte (m);
- Y₀: waterdiepte voor de sleuf (m);
- g: zwaartekrachtversnelling (m/s²);
- Δh: verval van bekken tot bekken (m).

De waarde van de afvoercoëfficiënt varieert afhankelijk van het ontwerp en de dimensionering van de vertical slot vispassage, waarbij waterdiepte in het slot een belangrijke rol speelt. De waarde varieert met de waterdiepte van 0,72 (bij een waterdiepte van 0,4 meter) tot een waarde van 0,82 (bij een waterdiepte van 2,0 meter) (Katapodis, 1992).

Uitgaande van een waterdiepte van 0,75 meter voor de sleuf, is gerekend met een afvoercoëfficiënt met een waarde van 0,75. In de praktijk zal deze waarschijnlijk iets lager zijn, doordat er bij een toenemend aantal bekkens sprake is van een afname van de afvoercoëfficiënt (Boiten & Dommerholt, 2003). Het gevolg hiervan is dat het debiet in de praktijk waarschijnlijk iets lager is dan het berekende debiet, wat eveneens geldt voor de stroomsnelheid in de vispassage.

Om tot een voldoende debiet door de vispassage te komen zijn het verval, de sleufbreedte en de waterdiepte in de vispassage van belang. Hierbij geldt dat hoe groter het ontwerpdebiet, des te groter de dimensies van de vispassage. Het verval van bekken tot bekken is bepalend voor de stroomsnelheid. De gemiddelde stroomsnelheid kan berekend worden aan de hand van de volgende formule:

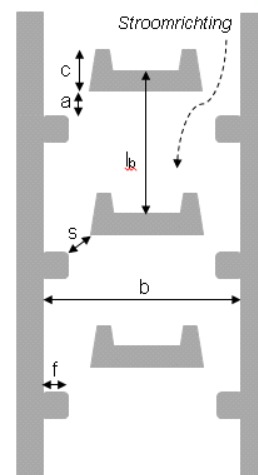
$$V_{\text{gem}} = C \cdot ((2g \cdot \Delta h)^{1/2})$$

Naar het ontwerp van Gebler (1991) en Larinier (1992) is een vertical slot vispassage ontworpen bestaand uit twee slots. Er is gerekend met een peilverschil van 0,08 meter tussen de bekkens. Om het totale verval van 1,50 meter te overbruggen zijn 19 drempels noodzakelijk, oftewel 18 bekkens/kamers. Deze bekkens dienen dusdanig gedimensioneerd te worden dat er voldoende energiedemping is. Voor peilverschillen van 0,20 meter wordt normaliter gerekend met een breedte van 8x de slotbreedte en een lengte van 10x de slotbreedte (Katapodis, 1992). Ervaringen in Noord-Brabant geven een kamerlengte van minimaal 150 cm en een kamerbreedte van minimaal 120 cm, bij slotbreedtes van 20-40 cm (Coenen *et al.*, 2013). Kroes & Monden (2005) stellen dat de afmetingen van de bekkens minder belangrijk blijken te zijn, zolang ze maar voldoen aan de minimale grootte die nodig is voor de energiedemping. Binnen het huidige ontwerp is er voor gekozen de bekkens een breedte van 2,60 meter te geven en een lengte van 2,10 meter.

De dimensies van de vispassage zijn weergegeven in navolgende tabel, waarin eveneens een schematische afbeelding van de vispassage is weergegeven.

Tabel 6.1. Dimensies vertical slot vispassage.

Parameter	Afkorting	Waarde
Slotbreedte (m)	s	0,30
Bekken breedte (m)	b	2,60
Bekken lengte (m)	l _b	2,10
Afstand projectie (m)	c	0,18
Afstand verspringing (m)	a	0,14
Breedte kering blok (m)	f	0,40
Peilverschil (m)	h	0,08
Waterdiepte (m)	-	0,75



Op basis van de dimensies in voorgaande tabel is het debiet dat door de vertical slot vispassage gaat 0,42 m³/s. De gemiddelde stroomsnelheid in het slot (doorzwemvenster) bedraagt in dat geval 0,93 m/s. In de praktijk kan de stroomsnelheid (en daarmee het debiet) iets lager zijn als gevolg van het relatief grote aantal bekkens en daardoor lagere afvoercoëfficiënt (Boiten & Dommerholt, 2003). In dit ontwerp is de berekende gemiddelde stroomsnelheid in de bekkens circa 0,22 m/s.

Zoals eerder vermeld is energiedemping een belangrijk aspect bij vispassages. De energiedemping is afhankelijk van het debiet en het aanwezige verval, in combinatie met het volume van de bekken. De hoeveelheid energie (ϵ) kan berekend worden met de volgende formule:

$$\epsilon = \rho \cdot g \cdot Q \cdot \Delta h$$

Hierin is:

ϵ : energie per bekken (W/m^3)

ρ : dichtheid van water (kg/m^3)

g : zwaartekrachtversnelling (m/s^2);

Q : debiet (m^3/s);

Δh : verval van bekken tot bekken (m).

Op basis van het uitgewerkte ontwerp is de hoeveelheid opgewekte energie:

$$\epsilon = 998 \cdot 9,81 \cdot 0,42 \cdot 0,08 = 329 \text{ W}$$

Het volume van het bekken is te berekenen middels de lengte, breedte en waterdiepte van het bekken:

$$\text{Volume} = 2,1 \cdot 2,6 \cdot 0,75 = 4,1 \text{ m}^3$$

De energiedemping wordt hiermee $= 329 / 4,1 = 80 \text{ W/m}^3$

Deze energiedemping ligt onder de kritische grens van 100 W/m^3 die gehanteerd wordt voor snoek, snoekbaars en in mindere mate cypriniden. Deze 100 W/m^2 geldt als bovengrens.

In tabel 6.2 is de hoogteligging van de vertical slot vispassage weergegeven.

Tabel 6.2. Bodemligging en waterpeil vispassage (meters +NAP).

Locatie	Waterpeil	Waterbodem	Bodemhoogte constructie	Hoogte constructie*
Inzwemopening	10,00	9,25	8,85	10,25
bekken 1	10,08	9,33	8,93	10,33
bekken 2	10,16	9,41	9,01	10,41
bekken 3	10,24	9,49	9,09	10,49
bekken 4	10,32	9,57	9,17	10,57
bekken 5	10,40	9,65	9,25	10,65
bekken 6	10,48	9,73	9,33	10,73
bekken 7	10,56	9,81	9,41	10,81
bekken 8	10,63	9,88	9,48	10,88
bekken 9	10,71	9,96	9,56	10,96
bekken 10	10,79	10,04	9,64	11,04
bekken 11	10,87	10,12	9,72	11,12
bekken 12	10,95	10,20	9,80	11,20
bekken 13	11,03	10,28	9,88	11,28
bekken 14	11,11	10,36	9,96	11,36
bekken 15	11,19	10,44	10,04	11,44
bekken 16	11,27	10,52	10,12	11,52
bekken 17	11,35	10,60	10,20	11,60
bekken 18	11,43	10,68	10,28	11,68
Uitzwemopening	11,50	10,75	10,35	11,75

* minimale hoogte van elementen in vertical slot

In de tabel op voorgaande pagina wordt per bekken het waterpeil aangegeven, de hoogte van de waterbodem, de bodemhoogte van de constructie (tussen waterbodem en bodemhoogte constructie wordt 0,4 meter stenen aangebracht) en de minimale hoogte van de constructie/elementen in de vispassage.

De inzwemopening (eerste drempel) bevindt zich op de grens met de Oude IJssel. De locatie van de inzwemopening wordt bepaald door de migratielimietlijn. Deze is variabel en afhankelijk van vissoort en afvoer over de stuw. Tegen de oever ligt de migratielimietlijn dicht tegen de stuw dan in het midden van de waterloop. Het is belangrijk dat de inzwemopening niet achter de migratielimietlijn ligt, maar ook niet te ver er voor. Bij voorkeur wordt de migratielimietlijn proefondervindelijk vastgesteld tijdens de migratieperiode (bij gemiddelde afvoer, $9,0 \text{ m}^3/\text{s}$). Geschat wordt dat de zone met turbulent water tot ongeveer 7,5 tot 10 meter benedenstrooms van de stuw ligt. Door de uitstroomopening in een paneel te maken dat in een sponning wordt geplaatst is dit na realisatie van de vispassage nog aan te passen over een lengte van circa 5 meter. Er is bij de inzwemopening sprake van één slot met een breedte van 0,60 meter en een diepte van 1,50 meter. De gemiddelde stroomsnelheid in dit slot bedraagt maximaal 1,0 m/s bij een debiet van $0,9 \text{ m}^3/\text{s}$. Bij een lager debiet neemt de stroomsnelheid af.

Als gevolg van een aanwezige persleiding heeft het eerste bekken een lengte van circa 30 meter. De waterdiepte in dit bekken neemt af van 1,50 meter benedenstrooms tot 0,75 meter (talud van stenen, 1:5). Er is hierdoor een betere aansluiting op de bodemdiepte van de Oude IJssel (circa 3,5 meter). Aan het begin heeft dit bekken een breedte van 5,2 meter. Vervolgens is er in stroomopwaartse richting onderscheidt te maken in een uitstroom van de hevelleiding (linkerzijde) en de uitstroom van een duiker. De afstand tot de Oude IJssel is hierbij 6,0 meter. De stroomsnelheid in het meest benedenstroomse bekken bedraagt circa 0,12 m/s bij de Oude IJssel en circa 0,23 m/s ten hoogte van de uitstroom van duiker en hevelleiding.

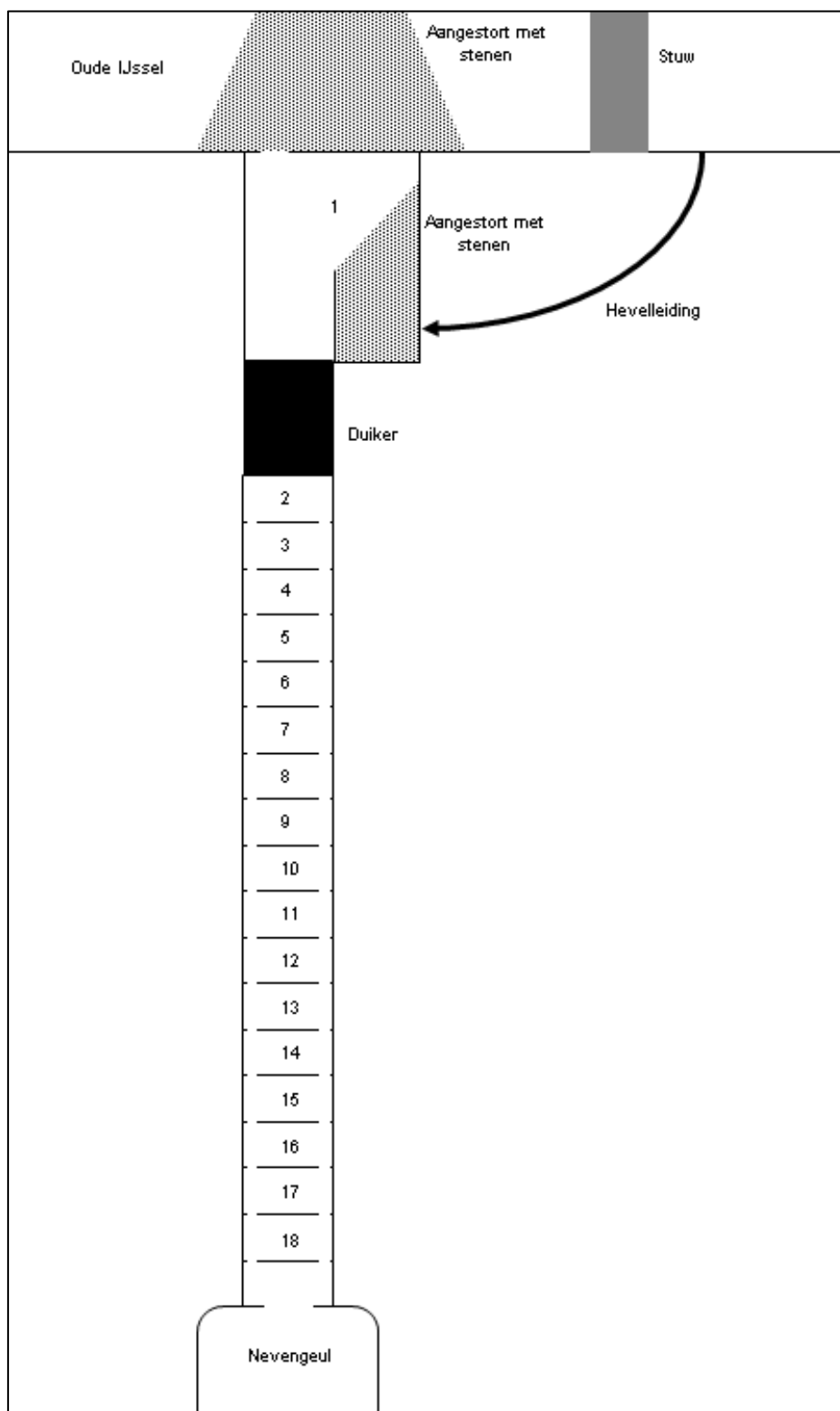
De (regelbare) hevelleiding vult het debiet dat door de vertical slot vispassage gaat aan tot een totaal debiet van $0,9 \text{ m}^3/\text{s}$. In de praktijk zal de hevelleiding een debiet hebben van circa $0,5 \text{ m}^3/\text{s}$. De instroom van de hevelleiding is voorzien van (stort)steen, waarop het water terecht komt. Hierdoor wordt de stroom gedempt en zal de turbulentie van dit additionele water beperkt worden.

De ingang van de duiker ligt direct naast de stortstenen van de hevelleiding. De vis wordt hierdoor als het ware de duiker ingeleid. Deze duiker leidt naar het volgende bekken en heeft afmetingen die gelijk zijn aan de verder stroomopwaarts gelegen bekkens ($2,60 \times 1,40$ meter), waarbij de bodem van de duiker gevuld is met stenen (0,40 meter, overeenkomstig de bekkens).

Bij vertical slot vispassages met een groot aantal bekkens worden normaliter eveneens rustbekkens gecreëerd. Rustbekkens hebben grotere dimensies dan de standaard bekkens van de vispassage. Er is hierdoor sprake van minder turbulentie. Als vuistregel geldt dat de afmetingen van een rustbekken over het algemeen minstens tweemaal de lengte van een normaal bekken hebben, bij gelijke breedte (Coenen *et al.*, 2013). In het geval van voorliggend ontwerp zijn deze rustbekkens minimaal 4,2 meter lang. Het aantal rustbekkens is circa één per acht tot tien bekkens (Coenen *et al.*, 2013). In voorliggend ontwerp is één rustbekken daarmee voldoende (het tiende bekken). De realisatie van de rustbekkens kan afhankelijk zijn van de vormgeving van de vispassage (zie paragraaf 6.4.1).

Na het laatste bekken (het achttiende), met daarin twee slots, wordt een extra opening gecreëerd om zodoende de vertical slot afsluitbaar te maken. Deze opening heeft een breedte van minimaal 1,5 meter en is afsluitbaar met een spindelschuif. De opening vangt geen verval op. De stroomsnelheid door de daadwerkelijke opening ligt rond de 0,4 m/s (over een zeer korte afstand).

In figuur 6.3 wordt een schematische weergave van de vertical slot visapassage weergegeven.



Figuur 6.3. Schematische weergave van de vertical slot vispassage met instroom van de hevelleiding. De verschillende bekkens zijn genummerd. De duiker is in de weergave in verhouding tot de overige delen van de vispassage kleiner dan in werkelijkheid.

6.4 Vormgeving, materiaalkeuze en inrichting vertical slot vispassage

6.4.1 Vormgeving

Afhankelijk van de beschikbare ruimte kan een vertical slot vispassage een diverse vormgeving hebben, waarbij de afmetingen van het bekken en de slots echter vastliggen, zoals eerder besproken. De bekkens kunnen in één rechte lijn achter elkaar liggen of parallel aan elkaar liggen door toepassing van een gemeenschappelijk eindbekken. Dit bekken is dan twee keer zo groot als een normaal bekken en kan fungeren als rustbekken. In figuur 6.4 zijn vertical slot vispassages met verschillende vormgeving weergegeven. Deze vormgeving heeft geen effect op de effectiviteit van de vispassage. De keuze wordt dan ook vooral ingegeven als gevolg van de beschikbare ruimte.

6.4.2 Materiaalgebruik

Over het algemeen hebben al toegepaste vertical slot vispassages veelal een betonnen bodem en wand, al kunnen ook andere materialen gebruikt worden (damwand, baksteen, etc.). De afscheidingen tussen de bekkens zijn over het algemeen van geprefabriceerde betonnen wanden of van (hard)hout. De afscheidingen kunnen in de constructie verankerd worden of in sponningen geplaatst worden. Met betrekking tot de functionaliteit hebben de verschillende materialen geen effect. Wel zijn er verschillen in duurzaamheid en/of de mate waarin de constructie achteraf nog te modificeren is.



Figuur 6.4. *Vispassage vervaardigd uit bakstenen (links) en rechts een vertical slot vispassage met enkel slot, vervaardigd uit beton met houten afscheidingen (in sponning) (bron: FAO).*

6.4.3 Inrichting

De bodem van een vertical slot vispassage kan onder een flauwe helling liggen of stapsgewijs verspringen per bekken (Δh). Door het plaatsen van een laag stortsteen met daarin grote stoorstenen in de vispassage is het mogelijk om in de slots en langs de bodem zones te krijgen met lagere stroomsnelheden. De stenen zorgen namelijk voor een grotere variatie in stroomsnelheid. Vooral (kleine) bodemvissen kunnen sterk profiteren van dergelijke stenen. De dikte van de bodemlaag is hierbij circa 0,2 meter, waarbij de gemiddelde steendiameter minimaal 60 mm behoort te zijn (FAO, 2002). Waterschap Rijn en IJssel hanteert een bodemlaag van circa 0,4 meter met een steendiameter van 80 tot 200 mm.



Figuur 6.5. *Bodeminrichting met stenen (bron: FAO).*

De waterdiepte in de vispassage is 0,75 m boven deze bodemlaag. Bij het gebruik van een dergelijke bodemlaag wordt de totale constructie dus 0,4 m dieper.

6.5 In- en uitzwemopening vertical slot vispassage

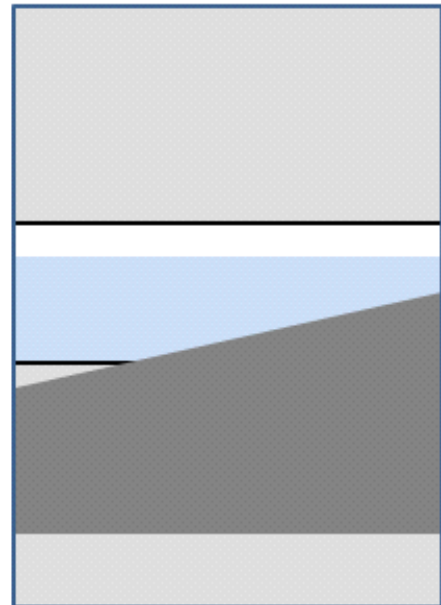
De in- en uitzwemopening van een vispassage dient aan te sluiten op de aanwezige waterbodem. Bovenstrooms (de uitzwemopening) is dit het geval, daar de waterdiepte in de vispassage gelijk is aan de waterdiepte in de nevengeul. Benedenstrooms (de inzwemopening) is er sprake van een relatief groot verschil tussen de bodem van de Oude IJssel (6,50 m +NAP) en de bodem van de vispassage (8,50 m +NAP). Om dit verschil op te heffen dient ter plaatse de bodem van de Oude IJssel met (stort)steen aangestort te worden, zodat deze geleidelijk overloopt in de bodem van de vispassage. Bij voorkeur is de helling van deze aanstorting minimaal 1:5.

6.6 Instroomopening nevengeul

De instroomopening van de nevengeul vormt de verbinding tussen de Oude IJssel en de nevengeul. De nevengeul is dusdanig gedimensioneerd dat deze bij een debiet van $0,42 \text{ m}^3/\text{s}$ ten hoogte van de Oude IJssel een waterpeil heeft van bijna 12,30 m +NAP.

Tussen de Oude IJssel en de nevengeul bevindt zich een dam. Door middel van een duiker wordt een verbinding gemaakt tussen Oude IJssel en de nevengeul. Deze duiker heeft een bodemligging (binnenkant) van 11,55 m + NAP (gelijk aan de bodemligging van de nevengeul), het waterpeil in de sluiskoker is gelijk aan het peil in de Oude IJssel (12,30 m +NAP). De duiker heeft een breedte van minimaal 2,6 meter. De stroomsnelheid in de duiker wordt hiermee 0,22 m/s (bij een debiet van $0,42 \text{ m}^3/\text{s}$).

De instroomopening van de nevengeul dient afsluitbaar en regelbaar te zijn. Hiervoor kan een constructie toegepast worden die gebaseerd is op de afsluiters van de vispassages op de Maas en Nederrijn. Deze constructie is in de figuur weergegeven (situatie bij een afvoer van $0,42 \text{ m}^3/\text{s}$, stroomsnelheid ten hoogte van Oude IJssel is dan 0,29 m/s). Indien het debiet in de nevengeul hoger is dan $0,42 \text{ m}^3/\text{s}$, dan kan de afsluiter naar beneden worden geschoven om bij een hoger debiet de stroomsnelheid gelijk te houden. Wanneer de schuif naar boven wordt geschoven kan de nevengeul afgesloten worden.



Figuur 6.6. Schematische weergave inlaatwerk (buitenste kader is sponning, waarin schuif beweegt).



Figuur 6.7. Schuifconstructie in vispassage in de Maas (dichtgezet).

7 RECREATIE, EDUCATIE, BEHEER EN ONDERHOUD

7.1 Recreatie

Zoals aangegeven in paragraaf 5.2 is er de wens de vispassage te combineren met een recreatieve kanopassage. In dat geval zou de grootste meerwaarde een natuurlijk meanderende nevengeul zijn, waarin geen kunstmatige vispassage is opgenomen. Gezien de beperkte ruimte en de randvoorwaarden met betrekking tot de inrichting van het gebied en de realisatie van natte natuur is dit echter niet mogelijk.

Om passage van kano's mogelijk te maken zijn er zogenaamde viskanopassages ontworpen. Deze vispassages zijn niet primair gericht op vismigratie, maar eveneens op de mogelijkheden tot passage met kano's. In dit type vispassage zijn de tussenschotten uitgevoerd door groepen verticale borstels aan te brengen (Coenen *et al.*, 2013). In Nederland is nog geen ervaring met dit type vispassage. Met betrekking tot de functionaliteit van de vispassage is daarom besloten deze als standaard vertical slot vispassage uit te voeren. Kano passage is hierin niet mogelijk. Wel is de lengte van dit type vispassage beperkt, waardoor ook de afstand waarover de kano gedragen moet worden beperkt is. Hiernaast dient bedacht te worden dat de uitstroomopening van de vispassage haaks uitkomt nabij de turbulente zone van de stuw. Dit in verband met de effectiviteit van de vispassage. In het kader van veiligheid lijkt het niet gewenst dat kano's zich in de nabijheid van deze zone bevinden.



Figuur 7.1. Viskanopassages (bron: www.canoe-england.org.uk (linker twee) www.kanoroutes.nl(rechts)).

7.2 Educatie

Een vertical slot vispassage is zeer geschikt voor het toepassen van een kijkvenster. Door middel van een kijkvenster in één van de bekkens is het mogelijk passerende vissen daadwerkelijk te aanschouwen, mits het doorzicht voldoende is. Een dergelijk kijkvenster kan gecombineerd worden met enige educatie in de vorm van factsheets ter plaatse of door middel van een SQR-code.

7.3 Beheer en onderhoud

Een zwak punt van vertical slot vispassages is dat deze gevoelig zijn voor verstopping met (drijf)vuil. Om de instroom van vuil tot een minimum te beperken dient de instroomopening van de nevengeul (bovenstrooms van de stuw), loodrecht op de waterloop te staan. Hier wordt eveneens een drijfbalk aangebracht. Conform de richtlijnen van Waterschap Rijn en IJssel is dit een Lariks balk, 20x20 cm, met bevestiging aan eindpaal met ketting of geleider.

Idealiter wordt ook bij de instroomopening van de vertical slot een drijfbalk aangebracht. Aanvullend kan een drijfvuilrooster met grove spijlen worden geplaatst (spijlafstand minimaal 10 cm). Dit drijfvuilrooster dient door te lopen tot onder het wateroppervlak en minimaal 0,5 meter boven de bodem te eindigen (Coenen *et al.*, 2013). Dit drijfvuilrooster kan in een sponning geplaatst worden. De drijfbalk en het drijfvuilrooster vangen vuil op dat door de nevengeul geproduceerd wordt. Dit is een noodzaak, zeker in verband met de wens om in de nevengeul dood hout toe te passen. Als deze voorzieningen niet worden getroffen is de kans op regelmatige verstopping groot. Een enkel blok hout dat in een vertical slot terecht komt, kan al de werking van de vispassage verstoren.

Zowel bij de in- als uitstroomopening van de vertical slot vispassage dient een spindelschuif aangebracht te worden, zodat deze afsluitbaar zijn voor beheer en onderhoud. Eveneens wordt aan beide zijden van de vertical slot vispassage een sponning aangebracht. Hierdoor is de migratie van vis in de toekomst eenvoudiger te monitoren. Ook de instroom van de nevengeul dient afsluitbaar te zijn. Door ook hier een spindelschuif aan te brengen is dit te realiseren, waarbij eveneens het instromend debiet gereguleerd kan worden.

Met betrekking tot de migratielimietlijn geldt dat deze gestuurd kan worden via stuwbeheer bij verschillende afvoeren. In dit kader is het van belang dat bij weinig water de stuw aan de linkeroever (de zijde van de vispassage) wordt gebruikt.



8 LITERATUUR

Akkerman, G.J. & Regeling, H.J., 1995. Vistrap Driel. Studie naar hydraulische aspecten. Waterloopkundig laboratorium, Delft. I.o.v. Rijkswaterstaat RIZA Arnhem.

Andrew, F> J. 1990. The Use of Vertical-Slot Fishways in British Columbia, Canada. Proceedings of The International Symposiums on Fishways '90 in Gifu.

Armstrong, G.S., Aprahamian, M.W., Fewings, G.A., Gough, P.J., Reader, N.A. & Varallo, P.V., 2010. Environment Agency Fish Pass Manual. Guidance notes on the legislation, selection and approval of fish passes in England and Wales. GEHO 0910 BTBP-E-E v2.2. Environment Agency, Almondsbury, Bristol.

Boedeltje, G., 2010. Waterplanten- en vissenonderzoek in waterlichamen van Waterschap Rijn en IJssel in 2010. Bemonstering en toetsing volgens de Kaderrichtlijn Water. Bureau Daslook, Lochem. I.o.v. Waterschap Rijn en IJssel.

Boiten, W., 1989. De V-vormige vistrap – Optimalisatie van het hydraulisch ontwerp. Rapport Q 930, Waterloopkundig laboratorium, Wageningen, 26 p.

Boiten, W., 1990. Afvoerrelatie V-vormige bekken-vistrap. Landbouwwuniversiteit Wageningen, rapport 6, 8 p.

Boiten, W. & Dommerholt, A., 2003. Uniform ontwerp van de aangepaste De Wit vispassage. Afvoerrelatie en snelheidsverdeling. Rapport 123. Sectie Waterhuishouding.

Coenen, J., Antheunisse, M., Beekman, J., & Beers, M., 2013. Handreiking Vispassages in Noord-Brabant. Waterschap De Dommel, waterschap Aa en Maas & waterschap Brabantse Delta.

FAO, 2002. Fish passes – Design, dimensions and monitoring. FAO ISBN: 92-5-104894-0.

Geeraerts, C., M. Ovidio, H. Verbiest, D. Buysse, J. Coeck, C. Belpaire en J-C. Philippart. De trekpatronen van blankvoorn (*Rutilus rutilus* L.) in gefragmenteerde rivieren in België. Congres Watersysteemkennis 2006– 2007. Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, 2006. In: Laak, G.A.J. de, 2010. Kennisdocument blankvoorn *Rutilus rutilus* (Linnaeus, 1758). Kennisdocument 32. Sportvisserij Nederland, Bilthoven.

Katopodis, C., 1992. Introduction to fishway design. Working document.

Kroes, M.J. & Monden, S. (red.), 2005. Vismigratie. Een handboek voor herstel in Vlaanderen en Nederland. OVB, Organisatie ter Verbetering van de Binnenvisserij, Nieuwegein. Uitgave van het Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap. AMINAL, Afdeling Water.

Kroes, M.J. & Vriese, F.T., 2001. Vismigratievoorzieningen in de Oude IJssel. Projectnr. OND00122. Organisatie ter Verbetering van de Binnenvisserij, Nieuwegein. I.o.v. Waterschap Rijn en IJssel.

Muyres, W.J.M., 1986. Vistrappen in: "De zalm weer terug in de Maas?". Combinatie Juliana 1946-1986, Maastricht, 1986.

Manshot, N., 2011. Masterplan de Pol. Eelerwoude, Goor. Projectnr. 4434.1. I.o.v. Waterschap Rijn en IJssel.

Rajaratnam, N., C. Katopodis and S. Solanki (1992). "New designs for vertical slot fishways." *Canadian J. Civil Engineering* 19(3): 402-414.

Rutjes, P., 2007. Onderzoek naar de visstand in de Oude IJssel. Rapportnr. 20060709. AquaTerra Water en Bodem B.V., Geldermalsen. I.o.v. Waterschap Rijn en IJssel

Technische richtlijn Vispassage Waterschap Rijn en IJssel, versie 2012.

Vriese, F.T., 2010. Advies vertical slot vispassage Borgharen. VisAdvies BV, Nieuwegein. Projectnummer VA2009_58, 47 pag. + bijlagen

Waterbeheerplan 2010 > 2015, Waterschap Rijn en IJssel. Uitgave maart 2010.

Winter, H.V., 2007. A fisheye view on fishways. PhD Thesis, Wageningen University, The Netherlands. ISBN: 978-90-8504-867-1.

