

Handreiking vispassages in Noord-Brabant

Waterschap De Dommel, Waterschap Aa en Maas
en Waterschap Brabantse Delta



Handreiking vispassages in Noord-Brabant

Waterschap De Dommel, Waterschap Aa en Maas
en Waterschap Brabantse Delta

Colofon

Auteurs

Judith Coenen | waterschap De Dommel
Martijn Antheunisse | waterschap De Dommel
Jappe Beekman | waterschap Aa en Maas
Marco Beers | waterschap Brabantse Delta

Tekstredactie

Hans Bleumink | Bureau Overland, Boxtel

Illustraties

Elles van Sluisveld | elles van sluisveld, Drunen

Vormgeving

Luc Dinnissen | studio ds, Nijmegen

Verantwoording

Met dank voor hun bijdragen

Jasper Arntz | Tauw
Daniël Coenen | waterschap Brabantse Delta
Jacco de Hoog | waterschap De Dommel
Hans van Kapel | waterschap Brabantse Delta
Marcel Klinge | Witteveen+Bos
Guus Kruitwagen | Witteveen+Bos
Michelle Berg | waterschap De Dommel
Mark Scheepens | waterschap De Dommel
Ron Schippers | waterschap De Dommel
Frank Weerts | waterschap De Dommel
Jack de Wilt | waterschap Aa en Maas
Wim de Wit | De Wit Advies Waterwerken

Bronvermelding foto's

Omslag | waterschap Aa en Maas; pagina 69 | waterschap De Dommel; pagina 81 | waterschap De Dommel; pagina 113 | waterschap Brabantse Delta; pagina 123 | waterschap Brabantse Delta; pagina 141 | waterschap Aa en Maas; pagina 159 | waterschap Aa en Maas; pagina 169 | waterschap Aa en Maas; pagina 179 | R. Hassinger.

Overname teksten en figuren toegestaan op voorwaarde van bronvermelding: Coenen, J., M. Antheunisse, J. Beekman & M. Beers (2013). Handreiking Vispassages in Noord-Brabant. Waterschap De Dommel, waterschap Aa en Maas & waterschap Brabantse Delta.

Inhoud

	Voorwoord	5
1	Inleiding	7
	Deel 1: Vuistregels voor vispassages	11
2	Randvoorwaarden vanuit vissen	13
	2.1 Basisprincipes van vis migratie	14
	2.2 Migratieperiode	15
	2.3 Zwemsnelheid en -gedrag	16
	2.4 Waterdiepte	18
	2.5 Turbulentie en energiedemping	18
	2.6 Lengte van de vispassage en rustgelegenheid	19
	2.7 Lokstroom	19
	2.8 Uitstroomopening	21
	2.9 Instroomopening	21
	2.10 Stroomafwaartse migratie	22
3	Hydraulische vuistregels	23
	3.1 Algemene vuistregels	24
	3.2 Minimale ontwerpafvoer	24
	3.3 Peilsprong	27
	3.4 Turbulentie en energiedemping	29
	3.5 Lengte van de vispassage en rustgelegenheid	29
	3.6 Lokstroom	30
4	Waterbeheer	31
	4.1 Afvoer	32
	4.2 Peilbeheer	32
	4.3 Inundatie, vernatting, verdroging en drainage	33
	4.4 Voorkomen van overstromingen bij hoge afvoeren	33
	4.5 Water vasthouden in droge perioden	34
	4.6 Debietmetingen	34
5	Beheer, onderhoud en Arbo	37
	5.1 Ontwerp	38
	5.2 Inspectie en onderhoud	38
	5.3 Arbowetgeving	39
6	Monitoring	41
	6.1 Monitoringsstrategie	42
	6.2 Hydraulische monitoring	42
	6.3 Ecologische monitoring	43
	6.4 Monitoring in de vorm van visstandbemonsteringen	46

Deel 2: Het proces	49
7 Van knelpunt naar oplossing	51
Stap 1: Visievorming	52
Stap 2: Oriëntatie	52
Stap 3: Keuze van het type vispassage	53
Stap 4: Ontwerp	54
Stap 5: Bestek	55
Stap 6: Aanleg	55
Stap 7: Beheer, onderhoud en monitoring	55
8 Keuzehulp	57
8.1 Van natuurlijke tot technische vispassage	58
8.2 Keuzehulp	60
8.3 Beekherstel	62
8.4 Stuw vervangen door vispassage in de hoofdloop	62
8.5 Vispassage in bypass	62
8.6 Vispassage met twee instroomopeningen of technische oplossing	63
Deel 3: Typen vispassages	65
9 Traploze nevenbeek	67
10 Bekkenvispassage	79
11 Hellingvispassage	111
12 Vertical slot vispassage	121
13 De Wit-vispassage	139
14 Meyberg-vispassage	157
15 Hevelvispassage	167
16 Nieuwe typen vispassages	177
16.1 Schutte-vispassage	180
16.2 Alternatieve vertical slot vispassage	181
16.3 De Wit-sluvisvispassage	181
16.4 Temporele vispassage	182
16.5 Viskanopassage	183
Literatuurlijst	185
Bijlagen	185
Bijlage A: Verklarende woordenlijst	191
Bijlage B: Deelnemers workshop 'Ervaringen vispassages in Noord-Brabant'	193
Bijlage C: Monitoring en evaluatie van functioneren van bekkervispassages in Nederland en Vlaanderen	195

Voorwoord

‘Een vis wil immers migreren’

Een Brabantbreed kennisdocument, waarin jarenlange ervaring en kennis zijn gebundeld over vispassages, is een mooi resultaat. Als watergraaf maar zeker ook als bioloog, weet ik hoe belangrijk goede vismigratie is voor het leven in onze waterlopen. Vismigratie is de afgelopen jaren steeds belangrijker geworden op zowel internationaal als nationaal niveau. De aanwezigheid van een diversiteit aan vissoorten is onderdeel van de toetsingscriteria Europese Kaderrichtlijn Water. Daarnaast bepalen de mogelijkheden tot migratie mede hoe een waterloop op ecologisch gebied wordt beoordeeld. En laten we ook het belang dat de recreatievisserij heeft bij een goede en diverse visstand niet vergeten. Het goed aanleggen van vispassages is hiermee een noodzaak. Een vis wil immers van nature migreren. Het is van belang om er voor te zorgen dat er een uniforme aanpak is vanuit de drie Brabantse waterschappen. De kennis is nu gebundeld in één handreiking.

Dit is essentieel voor nu en de toekomst. Hoe mooi is het om te zien dat we dit met de drie Brabantse collega waterschappen hebben aangepakt. Hiermee is veel kennis en kunde in één document gebundeld.

Deze handreiking gaat uit van het natuurlijke gedrag van de vis. Er zijn zeven verschillende typen vispassages die aan bod komen. Deze worden vanuit diverse invalshoeken omschreven en uitgewerkt. Alles en iedereen vaart wel bij een goede visstand in beken. Ik hoop dat deze handreiking richting zal geven aan velen, wanneer zij te maken krijgen met vismigratie en vispassages. Veel succes.

Peter Glas *Watergraaf Waterschap De Dommel*

De vispassages die het waterschap al heeft gerealiseerd, zorgden onder andere voor de terugkeer van verdwenen vissoorten. Zo is de winde weer aangetroffen in de Aa of Weerij, een beek ten zuiden van Breda. Vispassages dragen daarmee bij aan de doelstellingen voor waterkwaliteit uit de Kaderrichtlijn Water. Alle reden dus om daarmee door te gaan. Het toepassen van de richtlijnen uit deze handreiking zorgt daarbij voor nog betere en duurzamere vispassages die goed zijn te onderhouden en te beheren.

Joseph Vos *Dijkgraaf Waterschap Brabantse Delta*

Ik ben trots dat de vismigratiespecialisten van drie Brabantse waterschappen een bijzonder mooi en volledig kennisdocument hebben opgeleverd. De ‘Handreiking vispassages in Noord-Brabant’ is een prachtig eindresultaat en een goed voorbeeld hoe intensieve samenwerking zorgt dat we onze gezamenlijke doelen beter bereiken. Zo werken we aan een gezond visbestand in onze wateren, waar ook de recreatievisser (zoals ik) van kan genieten.

Lambert Verheijen *Dijkgraaf Waterschap Aa en Maas*

1

Inleiding

Vissen paaien, foerageren en overwinteren vaak in verschillende gebieden, die soms ver uit elkaar liggen. Een gezonde en gevarieerde visstand ontstaat alleen als vissen die gebieden op het juiste moment kunnen bereiken. Nog te vaak komen vissen op hun trekroutes barrières tegen, zoals stuwen, bodemvallen, gemalen of sluizen. Vispassages zijn bedoeld om dergelijke barrières te slechten. De meest ‘natuurlijke’ oplossing om de migratie van vissen mogelijk te maken is om de barrière te verwijderen. In beeksystemen kan dat soms door beken integraal te herstellen, en in polderwateren door peilvakken te vergroten. Maar vaak zijn deze oplossingen niet haalbaar omdat peilbeheer nodig blijft of omdat er te weinig geld of ruimte is. In die gevallen moet er een vispassage worden aangelegd. Deze handreiking biedt ondersteuning bij de keuze, het ontwerp en de aanleg van vispassages.

Aanleiding, aanpak en doel

In 2005 verscheen het handboek voor vismigratie in Vlaanderen en Nederland⁽⁴⁶⁾, en een jaar later bracht waterschap De Dommel een handleiding voor vispassage uit.⁽⁶⁸⁾ Sindsdien zijn er echter veel nieuwe vispassages aangelegd en is er door monitoring meer inzicht gekomen in het functioneren van vispassages. Ook zijn er nieuwe typen vispassages op de markt gekomen, die een aanvulling vormen op de ‘klassieke’ typen.

Om deze nieuwe ervaringen en kennis toegankelijk te maken hebben de specialisten van de drie Brabantse waterschappen – De Dommel, Aa en Maas en Brabantse Delta – gezamenlijk deze nieuwe handreiking opgesteld.

De nu voorliggende Handreiking vispassages in Noord-Brabant is gebaseerd op jarenlange praktijkervaring van de drie Brabantse waterschappen. Bij de samenstelling van de handreiking is gestreefd naar gedragen en goed onderbouwde adviezen, die eenduidig en praktisch toepasbaar zijn. Tegelijkertijd hebben we met deze handreiking recht willen doen aan de diversiteit in de Brabantse keuzes en ontwerpen.

De ideeën en adviezen uit deze handreiking zijn getoetst in een landelijke workshop met experts van waterbeheerders, adviesbureaus en andere instanties (zie bijlage B). De waardevolle aanvullingen en suggesties die uit de workshop naar voren kwamen, hebben een belangrijke rol gespeeld bij de uitwerking van deze handreiking.

De handreiking is met name bedoeld voor ecologen en hydrologen van waterschappen en adviesbureaus, als ondersteuning bij de keuze, het ontwerp en de aanleg van vispassages. Maar ook projectleiders, programmacoördinatoren en onderhoudsadviseurs kunnen hun voordeel doen met deze handreiking.

Afbakening

Bij het opstellen van deze handreiking hebben we geput uit 20 jaar ervaring met ontwerp, aanleg en monitoring van vispassages in de Brabantse wateren. Deze handreiking is dan ook in eerste instantie gericht op de meest voorkomende migratieproblemen en -oplossingen in Noord-Brabant voor stuwen en bodemvallen. Dat betekent dat we ons beperkt hebben tot het beschrijven van de zeven typen vispassages die in Noord-Brabant voorkomen. De meeste voorbeelden en ervaringen betreffen beeksystemen, maar ook polderwateren komen aan bod.

Hoewel de handreiking is gebaseerd op Brabantse ervaringen, kan de handreiking ook elders uitkomst bieden. Veel laaglandbeken – zoals in de Achterhoek, Midden-Limburg of Drenthe – kennen een vergelijkbare problematiek. Ook voor beeksystemen in bijvoorbeeld Vlaanderen of Duitsland biedt deze handreiking aanknopingspunten. Onze ervaringen met vispassages in slotensystemen en polderwateren kunnen benut worden in laag Nederland.

Vismigratie: een heldere waterschapsopgave

De Brabantse waterschappen zijn verantwoordelijk voor de chemische en biologische kwaliteit van de regionale oppervlaktewateren. In de Europese Kaderrichtlijn Water is deze opgave verder uitgewerkt. Een belangrijk doel is om uiterlijk in 2027 een goede visstand te verkrijgen en in stand te houden. Naast de herinrichting van waterlopen is het opheffen van migratiebarrières een belangrijke maatregel om dit doel te bereiken.

De Brabantse waterschappen hebben in hun meest recente waterbeheerplannen

aangegeven dat er tussen 2010 en 2015 in totaal 121 vismigratiebarrières opgeheven moeten worden (36 voor waterschap De Dommel, 50 voor waterschap Aa en Maas en 35 voor waterschap Brabantse Delta). Ook na 2015 moeten nog veel vismigratieknelpunten opgelost worden.

Leeswijzer

Deze handreiking bestaat uit drie delen.

Deel 1

Deel 1 gaat in op de vuistregels en aandachtspunten voor het ontwerp en de aanleg van een vispassage. Het bespreekt de basisprincipes en achtergronden van vismigratie en behandelt achtereenvolgens de specifieke eisen vanuit de ecologie van de doelsoorten (hoofdstuk 2), de hydraulische vuistregels die daaruit voortkomen (hoofdstuk 3), de aandachtspunten vanuit het waterbeheer (hoofdstuk 4), het beheer en veilig onderhoud (hoofdstuk 5) en de monitoring van vispassages (hoofdstuk 6).

Deel 2

Deel 2 behandelt het proces om voor een migratieknelpunt een oplossing te vinden. Hoofdstuk 7 beschrijft de stappen die gezet moeten worden om tot een goed ontwerp, een goede uitvoering en goed beheer te komen, en gaat ook in op de vraag wie daarbij betrokken moeten worden. Hoofdstuk 8 geeft richting aan de keuze voor een bepaald type vispassage.

Deel 3

Deel 3 gaat tot slot gedetailleerd in op de zeven typen vispassages waarmee in Noord-Brabant ervaring is opgedaan: de traploze nevenbeek (hoofdstuk 9), de bekkervispassage (hoofdstuk 10), de hellingvispassage (hoofdstuk 11), de vertical slot vispassage (hoofdstuk 12), de De Wit-vispassage (hoofdstuk 13), de Meyberg-vispassage (hoofdstuk 14) en de Hevelvispassage (hoofdstuk 15). Per hoofdstuk wordt een algemene schets gegeven, plus specifieke vuistregels en aandachtspunten. Elk hoofdstuk bevat ter illustratie een aantal concrete voorbeelden. Hoofdstuk 16 behandelt tot slot enkele nieuwe typen vispassages, die nog niet in Noord-Brabant zijn toegepast, maar wel geschikt lijken om migratiebarrières op te lossen.

deel 1

Basisprincipes en achtergronden

Bij het ontwerp van een vispassage moet rekening worden gehouden met verschillende randvoorwaarden en aandachtspunten. De belangrijkste voorwaarde is dat de vispassage doet waarvoor hij ontworpen is: vismigratie mogelijk maken. Om een goede vispassage te ontwerpen is het daarom nodig het gedrag van vissen te kennen. Dit deel gaat in de eerste plaats in op het gedrag van vissen, de werking van vispassages en op de algemene hydraulische randvoorwaarden en hydraulische vuistregels die daaruit voortvloeien. Daarnaast worden aandachtspunten en ontwerpvoorwaarden vanuit het waterbeheer behandeld, bijvoorbeeld vanuit peilregulatie. Ook komen aandachtspunten aan bod met betrekking tot beheer, onderhoud en Arbowetgeving. Tot slot bespreekt dit deel monitoringsmethoden om de werking van gerealiseerde vispassages in beeld te brengen.

2

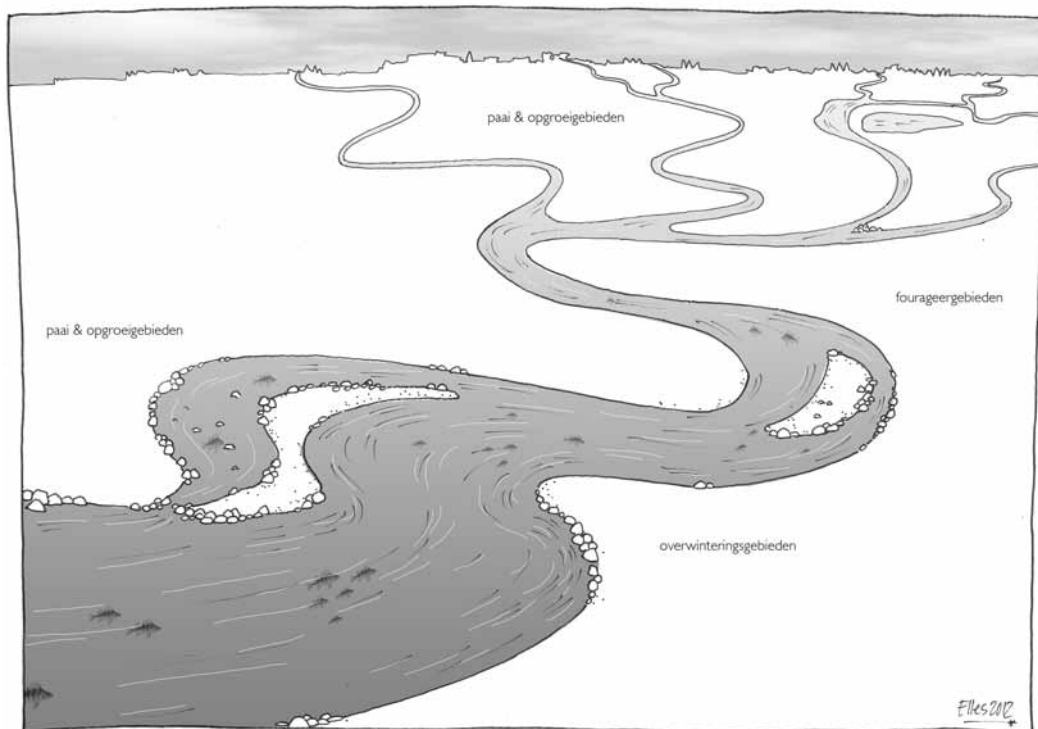
Randvoorwaarden vanuit vissen

Vispassages zijn bedoeld om barrières te slechten, zoals stuwen en bodemvallen. Om een goede vispassage te ontwerpen is het in de eerste plaats nodig om het gedrag van vissen te kennen. Vissen paaien, foerageren en overwinteren immers vaak in verschillende gebieden, die soms ver uit elkaar liggen. Op welke trajecten zijn vispassages nodig en in welke periode trekken vissen? Tegen welke stroomsnelheid kunnen vissen nog inzwemmen? En hoe diep moet het water minimaal zijn? Omdat verschillende vissoorten zich verschillend gedragen en daardoor verschillende eisen stellen aan het ontwerp, is het bovendien nodig te weten voor welke vissoorten de passage bedoeld is.

Dit hoofdstuk gaat in op de randvoorwaarden voor een goed functionerende vispassage. In hoofdstuk 3 worden die randvoorwaarden uitgewerkt in hydraulische vuistregels.

2.1 Basisprincipes van vismigratie

Veel vissoorten gebruiken verschillende gebieden om te paaien, te foerageren en te overwinteren. In figuur 2.1 is dat schematisch weergegeven. De Brabantse waterschappen spannen zich in om deze migratie mogelijk te maken en eventuele barrières weg te nemen. Dit heeft belangrijke voordelen. In de eerste plaats kunnen vissen op deze manier hun paaigebieden bereiken om zich voort te planten (paaïmigratie). Jonge vissen kunnen in die paaigebieden opgroeien en vervolgens terugkeren naar hun leefgebieden. Ook kunnen vissen migreren tussen foerageer- en overwinteringsgebieden (seizoensmigratie) en dagelijks tussen rust- en foerageergebieden (dagelijkse migratie). Bovendien is er uitwisseling mogelijk tussen vispopulaties en kunnen vissen zich ongericht verplaatsen, waardoor ze nieuwe leefgebieden kunnen koloniseren. Tot slot maken vispassages het mogelijk dat vissen bij calamiteiten uit hun leefgebied kunnen wegvluchten, bijvoorbeeld bij lage zuurstofgehalten of bij verontreinigingen.



Figuur 2.1 | Vissen migreren onder andere tussen paaï- en opgroei-, foerageer- en overwinteringsgebieden.

Hoewel het waterbeheer belangrijke randvoorwaarden stelt bij het ontwerp van een vispassage, zijn de functionele eisen voor vis leidend. Kennis van de ecologie en het gedrag en de verspreiding van de doelsoorten – de vissoorten die in de waterloop gewenst zijn en waarvoor de vispassage ontworpen wordt – is daarom van belang bij het bepalen van de ontwerp-eisen. De belangrijkste eis is dat vispassages in ieder geval tijdens de periode van paaïmigratie in stroomopwaartse richting voor de betreffende doelsoorten goed moeten functioneren.⁽⁴⁶⁾ Maar zoals gezegd kunnen ook andere vormen van migratie belangrijk zijn, zoals de dagelijkse migratie tussen rust- en foerageergebied of de trek naar nieuw te koloniseren gebieden. Idealiter functioneren vispassages daarom het hele jaar, maken ze

ook stroomafwaartse migratie mogelijk en zijn ze zowel geschikt voor doelsoorten als voor andere vissoorten die in de betreffende beek of waterloop voorkomen.

Aangenomen wordt dat vispassages die tijdens de paaimigratie goed functioneren, onder normale omstandigheden ook in het najaar en de winter goed werken. Alleen in droge perioden, vooral in de zomer, kan de waterafvoer onvoldoende zijn. Op dat moment kunnen vispassages dan minder goed functioneren of moeten soms zelfs helemaal dicht worden gezet, om water bovenstrooms vast te houden.

Het ontwerp van vispassages is vrijwel altijd gebaseerd op de stroomopwaartse migratie. Maar ook de stroomafwaartse migratie is uiteraard van belang; de vissen moeten immers ook weer terug kunnen keren naar bijvoorbeeld foerageer- en overwinteringsgebieden. In deze handreiking gaan we er vanuit dat stroomafwaartse migratie over het algemeen eenvoudiger is, bijvoorbeeld omdat vissen zich over een stuw kunnen laten vallen. Eisen voor stroomafwaartse migratie mogen dan ook niet ten koste gaan van de ontwerpeisen voor stroomopwaartse migratie.

2.2 Migratieperiode

Veel Nederlandse vissoorten trekken in het voorjaar stroomopwaarts om te paaien. De paaiplaatsen zijn vastgelegd in het geheugen, of vissen vinden op een andere manier geschikte paaiplaatsen. Stroming is erg belangrijk in de oriëntatie tijdens migratie. De periode waarin vissen naar paaiplaatsen trekken, verschilt per soort (zie tabel 2.1) en kan afhankelijk zijn van zowel interne als externe factoren. Bij interne factoren gaat het bijvoorbeeld om veranderingen in de hormoonhuishouding. Bij externe factoren kan het gaan om toenemende daglengte of om (verschillen in) watertemperatuur of afvoer. In deze handreiking stellen we als minimumeis dat de vispassage ten minste goed moet functioneren in het voorjaar. Dit is de belangrijkste periode voor de paaimigratie. Als vuistregel geldt dat een vispassage minimaal 90% van het voorjaar moet functioneren. Aangezien de migratieperiode tussen vissoorten verschilt, is de gekozen voorjaarsperiode afhankelijk van de doelsoorten die in de waterloop voorkomen. Een veel gehanteerde periode voor de paaimigratie in Nederlandse beken is 1 maart tot en met 31 mei.

Tabel 2.1 | Overzicht van veel voorkomende en gewenste vissoorten in Brabant met periode van paaimigratie en gewenste paaitemperatuur.

<i>Vissoort</i>	<i>Periode paaimigratie</i>	<i>Gewenste paaitemperatuur water</i>
alver ^(21,22,62)	midden april tot juni	15°C-22°C
baars ^(21,22,62)	maart tot mei	8°C-4°C
beekprik ^(21,22,62)	eind maart tot begin mei	> 10°C
bermpje ^(21,22,62)	april tot augustus	8°C-11°C
bittervoorn ⁽⁵²⁾	april tot juli	14°C-20°C
blankvoorn ^(21,22,62)	half mei tot half juli	12°C-17°C
brasem ^(21,22,62)	eind april tot half juni	14°C-17°C
driedoornige stekelbaars ^(21,22,62)	maart tot augustus	5°C-20°C
grote modderkruiper ⁽⁶⁵⁾	maart tot juli	13°C-14°C
karper ^(22,65)	mei tot augustus	16°C-20°C
kleine modderkruiper ^(57,24)	april (mei) tot juli	18°C-26°C
kolblei ^(58,65)	mei en juni	14°C-15°C
kopvoorn ⁽²³⁾	eind april tot juni	18°C-20°C
kroeskarper ⁽⁶⁵⁾	mei tot juli	17°C-20°C
kwabaal ^(21,58,65)	november tot maart	0°C-4°C
paling ⁽⁶⁵⁾	najaar (stroomafwaarts!)	n.v.t.
pos ⁽⁶⁵⁾	maart tot juni	11°C-18°C
rietvoorn/ruisvoorn ^(21,22,65)	mei tot half juli	> 15°C
rivierdonderpad ^(21,65)	april tot juni	8°C-11°C
riviergrondel ^(21,23,58,62)	april tot juli	12°C-17°C
rivierprik ^(57,65)	februari tot mei	10°C-14°C
serpeling ⁽⁶⁵⁾	februari tot mei	7°C-12°C
snoek ^(23,65)	februari tot half mei	6°C-14°C
snoekbaars ⁽⁶⁵⁾	april tot juni	10°C-12°C
tiendoornige stekelbaars ⁽⁶⁵⁾	april tot juli	
vetje ⁽⁶⁵⁾	april tot juli	> 17°C
winde ^(21,65)	maart tot juni	> 10°C
zeelt ⁽⁶⁵⁾	vanaf eind mei	> 18°C

2.3 Zwemsnelheid en -gedrag

Zwemsnelheid

Vissen kunnen maar tegen een bepaalde stroomsnelheid in zwemmen. Om stroomopwaarts door een vispassage te kunnen zwemmen, mag de stroomsnelheid in de vispassage voor een vis dus niet te hoog zijn. De zwemsnelheid van vissen kent een verdeling in vier klassen (zie tabel 2.2). Bij het ontwerp van een vispassage wordt als maximale stroomsnelheid uitgegaan van de sprintsnelheid die vissen over een afstand van minimaal 1 meter kunnen handhaven.

Tabel 2.2 | Klassenindeling in zwemsnelheden en bijbehorende kenmerken en tijdsduur ⁽⁴⁶⁾.

<i>Snelheid</i>	<i>Kenmerken</i>	<i>Tijdsduur</i>
Maximumsnelheid	Bereikt bij explosieve krachtsinspanning, leidt snel tot uitputting, door zeer korte duur ongeschikt als kritieke stroomsnelheid voor vispassages	Zeer kort (< 1 sec.)
Sprintsnelheid	Van korte duur om een hindernis te nemen, leidt tot uitputting, geschikt als kritieke stroomsnelheid over drempels of in vensters van vispassages	Kort (< 15 sec.)
Verhoogde snelheid	Kan enige tijd worden aangehouden om bijvoorbeeld een moeilijk traject te passeren	Enige tijd (> 15 sec.)
Kruissnelheid	Normale zwemsnelheid die vissen langdurig kunnen aanhouden zonder uitput te raken	Langdurig (> 200 min.)

De zwemsnelheid van vissen wordt onder andere bepaald door de lichaamsbouw en de grootte, maar ook door andere factoren zoals watertemperatuur en de conditie van de vis. Om de sprintsnelheid te kunnen bereiken, moet een vis voldoende water boven de vinnen hebben om zich af te kunnen zetten.⁽⁵⁸⁾

Het is beter om de maximale sprintsnelheden van doelsoorten niet als kritische ontwerpstroomsnelheid voor de vispassages te kiezen. Het passeren van veel drempels of doorzwemopeningen en van verschillende opeenvolgende vispassages kost namelijk veel energie. Hierdoor is een vis aan het einde van de vispassage of na het passeren van een aantal vispassages niet meer in staat is om zijn maximale sprintsnelheid te halen. Vissen moeten bovendien in goede conditie in het paaigebied aankomen, zodat zij zich succesvol kunnen voortplanten. Tot slot komen hoge stroomsnelheden van nature niet voor in onze laaglandbeken. Nederlandse vissoorten zijn daar dan ook niet op ingesteld. Voor Nederlandse vissen wordt gewoonlijk 1 m/s als maximale stroomsnelheid in vispassages aangehouden, gemeten op de drempel of in de doorzwemopening. De meeste in Nederland voorkomende vissen bezitten voldoende sprintsnelheid om dan de drempels

of doorzwemopeningen te passeren. Daarom gaan we ook in deze handreiking uit van deze vuistregel. De gemiddelde stroomsnelheid in de vispassage ligt dan overigens lager. Zeker in vispassages met grotere bekkens of met structuren zoals stenen, ontstaan rustplaatsen voor kleinere vissen en voor minder goede zwemmers. Als de stroomsnelheid op een drempel of in een slot varieert, kunnen zowel zwakke als sterke zwemmers passeren. De maximale stroomsnelheid kan dan op bepaalde plekken hoger zijn dan 1 m/s.

Zwemgedrag

Niet alleen de maximale zwemsnelheid van vissen is van belang bij het ontwerp van vispassages, maar ook het zwemgedrag. Vissen vertonen namelijk soortspecifiek zwemgedrag. Dit gedrag speelt een belangrijke rol tijdens de migratie. Bij het ontwerp van vispassages moet hier rekening mee gehouden worden. Een belangrijk onderscheid is dat tussen bodemgebonden (benthische) vissoorten enerzijds en pelagische soorten anderzijds. Bodemgebonden soorten (zoals bierpje) bewegen zich voort over de bodem; pelagische soorten (zoals blankvoorn en alver) zwemmen in de waterkolom. Dit betekent bijvoorbeeld dat voor bodemgebonden soorten de vispassage goed moet aansluiten op de bodem van de waterloop en voor pelagische soorten de lokstroom bij voorkeur de gehele waterkolom beslaat.

2.4 Waterdiepte

Bij het bepalen van de ontwerpdiepte spelen twee zaken een rol: de 'doorzwemhoogte' bij de drempel of in de doorzwemopening en de waterdiepte in de tussenliggende bekkens of kamers. In de bekkens en kamers moet de waterdiepte ten minste 50 cm zijn. Bij bekkervispassages is dit nodig om predatie en periodiek ongunstige omstandigheden te voorkomen. Ondiepe bekkens vergroten het risico op predatie door vogels. Daarnaast kunnen in ondiepe bekkens in droge perioden ongunstige omstandigheden optreden, zoals hoge watertemperaturen en lage zuurstofgehalten. Dit geldt zeker als de vispassage wordt dichtgezet om lekverliezen te voorkomen en vissen niet of moeilijk uit de vispassage kunnen wegtrekken. Predatie door vogels vormt dan een extra aandachtspunt. In technische vispassages die van boven zijn afgesloten (zoals de vertical slot en De Wit-vispassage) is dit minder van belang, maar kiezen wij in deze handreiking ook voor een minimale waterdiepte van 50 cm in de kamers. Bij het bepalen van het ontwerp dient de waterdiepte in de vispassage min of meer overeen te komen met die van de waterloop. In sommige gevallen kan daarvan worden afgeweken, bijvoorbeeld bij technische vispassages in zeer diepe waterlopen. Om de omvang van de constructie te beperken kan dan gekozen worden voor een ondiepere vispassage (die wel dieper moet zijn dan 50 cm). Bij ondiepe beken kan in semi-natuurlijke vispassages gekozen worden voor een diepte gelijk aan de waterloop. Als in ondiepe beken voor diepere bekkens wordt gekozen, bestaat het risico dat in de bekkens veel slib neerslaat.⁽⁷⁶⁾

2.5 Turbulentie en energiedemping

Als water over een drempel of door een (nauwe) opening stroomt ontstaat turbulentie. Bij het zwemmen door een vispassage ervaren vissen die turbulentie als tegenkracht.⁽⁴⁶⁾ De turbulentie mag niet te hoog zijn omdat vissen de passage anders niet kunnen passeren.

De turbulentie wordt berekend als de 'energiedemping' per m^3 . In deze handreiking gaan we uit van $100 \text{ W}/m^3$ als maximaal toelaatbare energiedemping per bekken of kamer. In § 3.4 wordt uitgelegd hoe de energiedemping berekend kan worden.

In de praktijk speelt de problematiek van turbulentie vooral bij technische vispassages.

Bij de Brabantse bekkervispassages is de gekozen bekkenlengte zo lang dat de energiedemping meestal aanzienlijk lager is dan $100 \text{ W}/m^3$.

2.6 Lengte van de vispassage en rustgelegenheid

Als het te overbruggen verval groot is en de vispassage een groot aantal bekkens of kamers heeft, kunnen sommige vissen moeite hebben de vispassage te passeren, omdat ze uitgeput raken (zie ook § 2.3). Daarom heeft het de voorkeur om vissen in langere vispassages rustgelegenheid te bieden, bijvoorbeeld in de vorm van enkele grotere kamers of langere bekkens.

Of rustgelegenheid nodig is, hangt af van de aanwezige soorten en doelsoorten. In grote waterlopen komen bijvoorbeeld over het algemeen grotere en sterkere vissen voor, die minder snel rustgelegenheid nodig hebben dan kleinere vissen in smalle en ondiepe waterlopen.

2.7 Lokstroom

Bij veel vispassages stroomt een deel van het water over de stuw en een deel van het water door de vispassage. Vissen kunnen in dat geval moeite hebben om de ingang van de vispassage te vinden. Daarom moet de uitstroomopening van de vispassage zodanig ontworpen zijn dat er voor vissen een duidelijk waarneembare stroming in de hoofdloop is. Deze zogenaamde lokstroom moet het voor migrerende vissen mogelijk maken om de vispassage op te merken. Daarbij zijn zowel de locatie, richting als grootte van de lokstroom van belang.

Lokstroom afhankelijk van doelsoorten

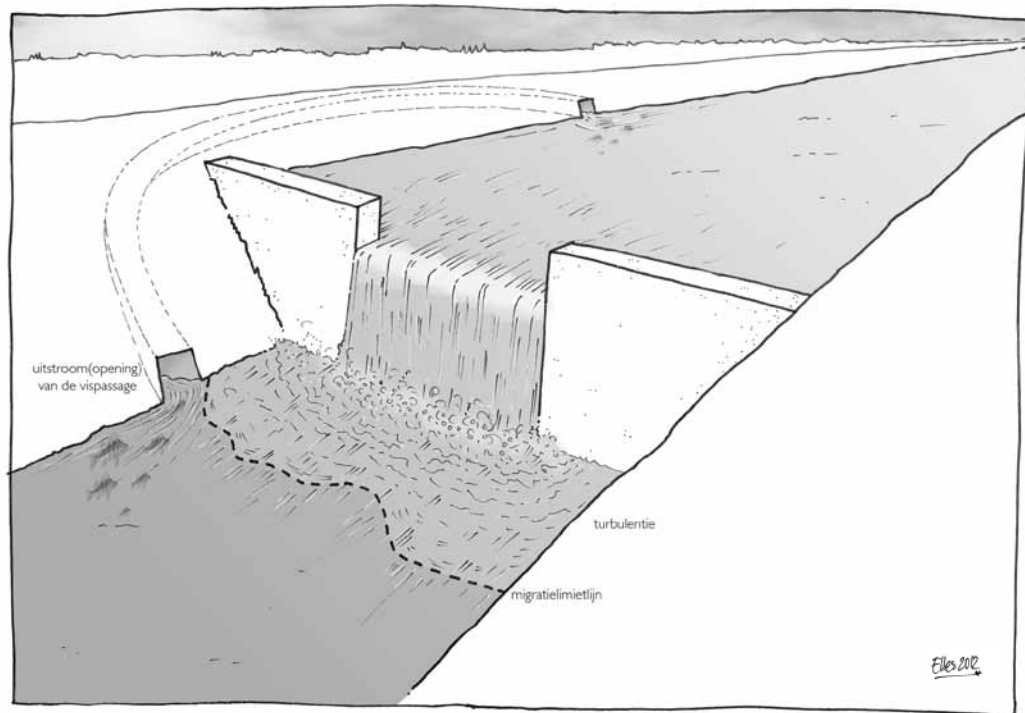
Alle vissoorten maken tijdens het zwemmen gebruik van rheotaxis en zintuiglijke oriëntatie.⁽⁵⁸⁾ Rheotaxis is de neiging (of het vermogen) van vissen om hun bewegingsrichting af te stemmen op de stroming. Dit zorgt ervoor dat vissen tegen de stroming in bewegen en zich niet stroomafwaarts laten wegspoelen. Zintuiglijke oriëntatie vindt plaats op basis van zicht, reuk en het zijlijnorgaan.

Voor het bepalen van de lokstroom is het van belang rekening te houden met de doelsoorten en wijze waarop de doelsoorten zich oriënteren. Zo heeft kopvoorn bijvoorbeeld een grotere lokstroom nodig dan een soort als brasem.⁽⁷⁶⁾

Locatie van de lokstroom

Het gedrag van migrerende vissen bepaalt de locatie van de lokstroom. Over het algemeen geldt dat vissen de sterkst waarneembare stroming volgen, totdat de stroming de zwemcapaciteit overtreft. Vaak is dit de turbulente zone onder een stuw. Op de begrenzing van de turbulente zone loopt een denkbeeldige lijn die de 'migratielimietlijn' wordt genoemd (zie figuur 2.2). Op de migratielimietlijn gaan vissen opzoek naar een doortrekroute waarbij zij zonder problemen tegen de stroom in kunnen zwemmen. De ligging van de migratielimietlijn

verschilt per soort en is afhankelijk van de afvoer. De migratielinielijnt kent door hoge stroming in het midden van de waterloop een zekere bolling en komt aan de oevers het dichtste bij de stuw.⁽⁴⁶⁾ Bij het ontwerp van de locatie van de lokstroom moet rekening worden gehouden met de ligging van de migratielinielijnt.



Figuur 2.2 | Migratielinielijnt in relatie tot de lokstroom.

Richting van de lokstroom

Vissen moeten de lokstroom goed kunnen vinden, liefst zo ver mogelijk de waterloop in. Als vuistregel geldt dat de richting van de lokstroom daarom loodrecht op de waterloop moet staan. Dit geldt vooral bij relatief lage debieten door de vispassage. Door de plaatsing haaks op de waterloop komt de lokstroom het verst in de waterloop en heeft daardoor de grootste aantrekkingskracht. Bij vispassages met een hoog debiet kan de ingang het beste onder een hoek van 30° op de waterloop staan.⁽⁴⁶⁾ In zijn algemeenheid geldt dat hoe hoger het debiet door de vispassage is en hoe smaller de waterloop, hoe minder noodzakelijk het is om de lokstroom haaks op de waterloop te situeren. De locatie van lokstroom is altijd belangrijker dan de richting.

Grootte van de lokstroom

Hoe sterker de lokstroom is ten opzichte van de hoofdstroom, hoe makkelijker vissen de lokstroom kunnen vinden. Dat betekent dat er zo veel mogelijk water door de vispassage moet stromen en zo weinig mogelijk water over de stuw. Een belangrijk aandachtspunt bij het bepalen van de grootte van de lokstroom en constructie van de uitstroomopening is dat een krachtige, maar niet te sterke stroming ontstaat. Vissen moeten via de lokstroom de vispassage immers wel in kunnen zwemmen.⁽⁴⁶⁾ De stroomsnelheid in de uitstroomopening mag daarom maximaal 1 m/s zijn (zie § 2.3) en bij gebruik van een

eventuele knijpconstructie (versmalling of vernauwing om lokstroom te versterken) mag deze constructie niet te lang zijn.

De verhouding tussen lokstroom en hoofdstroom moet zo gekozen worden dat de vispassage ook in drogere perioden kan functioneren. Als gekozen wordt voor een optimale lokstroom bij hoge afvoeren, kan het zijn dat het ontwerpdebiet voor de vispassage bij lage afvoeren niet wordt gehaald, waardoor de vispassage bij lage afvoeren niet meer functioneert. Het ontwerpdebiet moet daarom minimaal gelijk zijn aan de laagste afvoer van de waterloop in de migratieperiode. In § 3.2 wordt dit verder uitgewerkt.

Versterken van de lokstroom

Bij twijfel over de grootte en /of locatie van de lokstroom kan de werking desgewenst versterkt worden door een rij schanskorven of stenen op de waterbodem te plaatsen, waarmee vissen naar de vispassage geleid worden.

2.8 Uitstroomopening

De uitstroomopening is de plek waar het water de vispassage uitstroomt en waar de vissen de vispassage inzwemmen. Voor het bepalen van de locatie van de uitstroomopening en het ontwerpen van de aansluiting op de waterloop is het belangrijk om rekening te houden met de wijze waarop de doelsoorten zich verplaatsen (zie ook § 2.3). Pelagische soorten (zoals blankvoorn en alver) verplaatsen zich vaak in het midden van een waterloop, terwijl bodemgebonden soorten (zoals bierpje en rivierdonderpad) vaker de oeverzone opzoeken. Naast deze soortspecifieke ontwerpuitgangspunten, zijn er ook algemene uitgangspunten die voortkomen uit de manier waarop vissoorten zich tijdens de migratie oriënteren, zoals stroming, oevers en bodem:

- bij de uitstroomopening moet de bodem van de waterloop geleidelijk overgaan in de bodem van de vispassage;
- indien nodig kan met fijne sortering stortsteen een flauwe helling richting de vispassage gemaakt worden;
- de uitstroomopening van de vispassage dient goed aan te sluiten op de oevers van de waterloop.

2.9 Instroomopening

De instroomopening van de vispassage is de plek waar het water de vispassage instroomt en waar de vissen de vispassage dus inzwemmen. De instroomopening moet op voldoende afstand van de barrière liggen. Als de instroomopening dichtbij een stuw ligt, bestaat de kans dat vissen die de vispassage verlaten, terugstromen over de stuw. In de praktijk doet dit probleem zich vrijwel alleen voor bij technische vispassages. De instroomopening van semi-natuurlijke vispassages zoals nevenbeken bevinden zich meestal verder bovenstrooms van de barrière.

Er is geen vuistregel voor de minimale afstand tussen de instroomopening en de barrière. Het risico op terugspoelen is afhankelijk van verschillende factoren, waaronder de omvang van de afvoer en de zwemcapaciteiten van de vissen. In het ontwerp moet het

‘terugspoelrisico’ onderkend worden en moet de locatie van de instroomopening op veilige afstand van de barrière komen. Eventueel kan ervoor gekozen worden om met de aanleg van bijvoorbeeld een rietkraag of diepere kuilen een rustgelegenheid te creëren, waarmee voorkomen kan worden dat vissen over de stuw terugspoelen.

2.10 Stroomafwaartse migratie

Vissen die stroomopwaarts trekken om te paaien zullen later in het jaar vaak weer stroomafwaarts migreren. Hierbij volgen ze over het algemeen de hoofdstroom en een deel van de vissen zal zich daarbij over de stuw laten vallen. De ene vissoort laat zich echter makkelijker over de stuw vallen dan de andere soort. Daarnaast kan ook de vorm van de stuw een rol spelen; bij een scherpe overgang laten vissen zich er minder snel over vallen. Tot slot kunnen stuwen in een hoge stand staan om water vast te houden, waardoor de stuw boven het wateroppervlak uit steekt en stroomafwaartse migratie verder wordt beperkt.

Om deze problemen op te lossen moet een vispassage ook geschikt zijn voor stroomafwaartse migratie. Daarbij gelden de volgende aandachtspunten:

- De bodem van de instroomopening moet geleidelijk overgaan in de bodem van de waterloop. Desgewenst kan met fijne sortering stortsteen een flauwe helling richting de vispassage gemaakt worden.
- Jaarrond dient een zo groot mogelijk deel van de beekafvoer door de vispassage te gaan. Overigens kan vooral in polders dit aandachtspunt soms moeilijk zijn te realiseren, omdat het daar vaak wenselijk is om lekverliezen te minimaliseren en daarom een type en ontwerp vispassage te selecteren met een klein ontwerpdebiet (zie ook § 4.5).

3

Hydraulische vuistregels

In hoofdstuk 2 zijn het gedrag en daaruit voortvloeiende functionele randvoorwaarden voor een goed werkende vispassage op een rijtje gezet. In dit hoofdstuk werken we die randvoorwaarden uit in hydraulische vuistregels en presenteren we richtlijnen om vispassages te ontwerpen.

3.1 Algemene vuistregels

In tabel 3.1 zijn de algemene vuistregels voor het ontwerp van vispassages samengevat. In deel 3 worden deze vuistregels en ontwerpcriteria per type vispassage nader uitgewerkt. Bij het toepassen van de vuistregels is het belangrijk te beseffen dat het ontwerp van een vispassage altijd maatwerk is. Wij adviseren in het ontwerp niet de grenzen van de vuistregels op te zoeken. Op die manier blijft flexibiliteit in het ontwerp mogelijk en kan welbewust overwogen worden om bij één of enkele onderdelen af te wijken van de vuistregel. Zo kan er bij een lagere stroomsnelheid bijvoorbeeld gekozen worden voor minder rustkamers, zonder dat dit grote beperkingen voor de passeerbaarheid met zich mee zal brengen.

Tabel 3.1 | Algemene vuistregels voor ontwerp van een vispassage.

<i> criterium</i>	<i> Vuistregel</i>
Werkingsduur	90% in de paaimigratieperiode 1 maart tot en met 31 mei in geval van specifieke doelsoorten, bijvoorbeeld kwabaal of limnofiele soorten met paai later in de zomer, moet overwogen worden deze periode bij te stellen
Stroomsnelheid	maximaal 1 m/s
Peilsprong	maximaal 5 tot 8 cm (afhankelijk van type vispassage)
Waterdiepte	minimaal 50 cm
Aantal kamers/bekken	<ul style="list-style-type: none">• maximaal 25 in bovenlopen van beken en polderwateren• maximaal 35 in midden- en benedenlopen van beken en riviertjes
Rustkamers/-bekken	1 per 8 tot 10 kamers
Energiedemping	maximaal 100 W/m ³
Lokstroom - omvang	minimaal 5 tot 10% van de totale afvoer
Lokstroom - richting	<ul style="list-style-type: none">• lage afvoer vispassage: haaks op de stromingsrichting van de waterloop• hoge afvoer vispassage: onder een 30° hoek op de waterloop
Lokstroom - locatie	ter hoogte van de migratielimietlijn
Uitstroomopening	moet goed aansluiten op waterbodembodem en oevers
Instroomopening	moet goed aansluiten op waterbodembodem

3.2 Minimale ontwerpafvoer

Een belangrijke vuistregel voor de keuze en het ontwerp van vispassages is dat vispassages in minimaal 90% van de paaimigratieperiode moeten functioneren (zie voor een

overzicht van de paaimigratieperioden tabel 2.1). Uit deze vuistregel kan de minimaal beschikbare afvoer worden afgeleid, de zogenaamde minimale ontwerpafvoer (of het ontwerpdebiet). Het ontwerpdebiet is lager of gelijk aan de afvoer die gedurende 90% van de migratieperiode wordt overschreden.

Om de minimale ontwerpafvoer in de paaiperiode te bepalen wordt bij voorkeur gebruik gemaakt van reëel gemeten afvoergegevens op of nabij de locatie van de stuw. Kader 3.1 laat voor een concreet voorbeeld zien hoe de minimale ontwerpafvoer bepaald kan worden. Als er geen of onvoldoende meetgegevens beschikbaar zijn om dergelijke berekeningen uit te voeren, kan gebruik worden gemaakt van gemodelleerde afvoergegevens, extrapolatie van gegevens van andere meetpunten of van berekeningen die zijn gebaseerd op het afwaterend oppervlak.⁽⁶⁰⁾ Op basis van deze methoden kan de maatgevende afvoer bepaald worden, waarmee de voorjaarsafvoeren benaderd kunnen worden. De maatgevende afvoer is de afvoer die één keer per jaar voorkomt of overschreden wordt (de maatgevende afvoer wordt vaak weergegeven als Q_{100%} of als Q=1). Gedurende de paaimigratie komen normaal gesproken afvoeren voor van tussen Q_{10%} en Q_{25%}. Voor de bepaling van de grootte van de (voorjaars)afvoer kan bij benadering worden gesteld dat Q_{25%} circa 25% van de maatgevende afvoer bedraagt en Q_{10%} circa 10% van de maatgevende afvoer. In tabel 3.2 is voor de casus uit kader 3.1 een overzicht van verschillende afvoeren weergegeven.

Tabel 3.2 | Afvoeren in de Oude Leij bij de Bredaseweg afgeleid van meetreeksen.

<i>Benaming afvoer</i>	<i>Overschrijding (dagen/jaar)</i>	<i>Afvoer (l/s)</i>	<i>Q</i>
Maatgevende afvoer	> 1	1000	Q 100%
Halve maatgevende afvoer	> 20	570	Q 60%
Voorjaarsafvoer	> 100	260	Q 27%
Vaak voorkomende afvoer	> 200	130	Q 14%
Droogste maand afvoer	> 335	4	Q 0,4%

Als de minimale ontwerpafvoer is bepaald, kan een type vispassage gekozen worden. Sommige typen vispassages vragen om relatief hoge ontwerpafvoeren, terwijl andere vispassages al kunnen functioneren bij lage ontwerpafvoeren. In de keuze voor een type vispassage spelen daarnaast ook andere overwegingen en randvoorwaarden een rol, zoals de doelsoorten en het waterbeheer.

Het is mogelijk om te kiezen voor een hoger ontwerpdebiet dan de beschikbare afvoer in 90% van de migratieperiode, maar dan neemt het aantal dagen af dat de vispassage functioneert en vissen kunnen migreren.

Tijdens het ontwerpproces moet beoordeeld worden of het ontwerp voldoet aan de andere functionele eisen. Hiervoor is het nodig het ontwerp door te rekenen voor verschillende afvoeren. Gedurende de paaimigratie komen normaal gesproken afvoeren voor tussen

Q10% en Q25%. Binnen deze debietrange moet de vispassage optimaal functioneren. Beter nog is het om een bredere debietrange van Q5% tot Q30% door te rekenen, omdat deze afvoeren tijdens de paaimigratie ook regelmatig voorkomen. Aanvullend kan onderzocht worden hoe de vispassage functioneert bij de maatgevende afvoer (Q100%) en desgewenst bij tussenliggende afvoeren. Als de vispassage bijvoorbeeld niet of minder functioneert bij Q5% dient ook gerekend te worden met Q10% en eventueel Q15%.

Kader 3.1 | Berekening van de minimale ontwerpafvoer voor een vispassage in de Oude Leij bij de Bredaseweg. ^(50, 60)

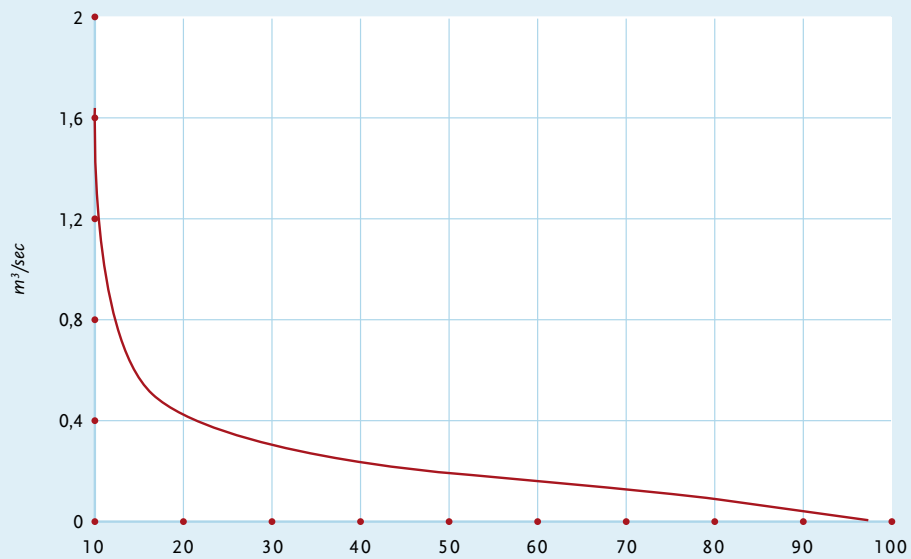
Om de minimale ontwerpafvoer voor een vispassage in de Oude Leij (bij de Bredaseweg) vast te stellen, is gebruik gemaakt van meetgegevens uit de periode 2000-2006. In tabel 3.2 is weergegeven hoeveel dagen bepaalde debieten werden overschreden in de voorjaarsmigratieperiode (1 maart tot en met 31 mei) en gedurende het gehele jaar, zowel in absolute zin als percentueel. Uit de tabel blijkt dat een debiet van 50 l/s bijna 92% van het aantal dagen in de migratieperiode wordt overschreden. Jaarrond wordt dit debiet 83% van het aantal dagen overschreden. Als de vispassage op dit debiet gekozen en ontworpen wordt, is er voldoende water beschikbaar om de passage in minimaal 90% van de migratieperiode optimaal te laten functioneren.

Tabel 3.3 | Gekozen debieten met aantal dagen overschrijding in de periode 2000-2006 in het voorjaar (1 maart tot en met 31 mei; 620 dagen) en jaarrond (2521 dagen).

Debiet (l/s)	Voorjaar		Jaarrond	
	Absoluut > (dagen)	Relatief (%)	Absoluut > (dagen)	Relatief (%)
50	569	91,8	2092	83,0
100	545	87,9	1746	69,3
150	481	77,6	1389	55,1
200	356	57,4	1056	41,9
300	159	25,6	552	21,9

De afvoergegevens kunnen ook in grafieken weergegeven worden. Dit kan tot extra inzichten leiden. In figuur 3.1 zijn de gegevens uit tabel 3.2 grafisch weergegeven, met op de y-as de afvoer en op de x-as het percentage van het aantal dagen dat de afvoer jaarrond overschreden wordt.

Een tweede mogelijkheid is om de gemiddelde dagafvoer in de migratieperiode weer te geven (zie figuur 3.2). Hieruit blijkt dat het gekozen ontwerpdebiet van 50 l/s in het voorjaar gemiddeld ruim wordt gehaald en dat eventueel overwogen kan worden om te kiezen voor een hoger debiet, waardoor meer typen vispassages in aanmerking komen.



Figuur 3.1 Percentage dagen debietoverschrijding jaarrond.



Figuur 3.2 Gemiddelde dagafvoer (2000-2006) in de migratieperiode.

3.3 Peilsprong

De peilsprong is het peilverschil tussen twee opeenvolgende kamers of bekkens van een vispassage. De peilsprong heeft direct effect op de stroomsnelheid en de turbulentie. Een grote peilsprong leidt tot hoge stroomsnelheden over drempels of in doorzwemopeningen en tot teveel turbulentie in de vispassage. Vissoorten met mindere zwemcapaciteiten en kleine vissen kunnen de vispassage dan niet passeren. In deze handreiking gaan we daarom uit van een maximale peilsprong van 8 cm in bekkervispassages en van 5 of 6 cm in technische vispassages. In deel 3 worden de maximale peilsprongen per type vispassage verder uitgewerkt.

Om de peilsprong en het aantal kamers of bekkens te bepalen, is het nodig om het totale peilverschil tussen het bovenstroomse en benedenstroomse peil te kennen. De boven- en

benedenstroomse peilen en het totale peilverschil zijn ook van belang voor de keuze van het type vispassage. Om het peilverschil te bepalen kunnen meetgegevens, streefpeilen, geregistreeerde stuwinstellingen en modelberekeningen de benodigde informatie verschaffen. Het is noodzakelijk om deze gegevens in de praktijk te controleren, zeker als de informatie beperkt is en er bijvoorbeeld alleen modeluitkomsten beschikbaar zijn. Ook is het belangrijk om te anticiperen op mogelijke boven- of benedenstroomse ontwikkelingen, die van invloed kunnen zijn op het peilverschil. Denk hierbij aan het opheffen van stuwen of aan het aanpassen van peilen. Ook kan bij het ontwerp van een vispassage bewust gekozen worden voor een alternatief peilbeheer, zoals een lager of een vast bovenstrooms peil in plaats van een afzonderlijk zomer- en winterpeil. Bij gebruik van meetgegevens voor het bepalen van de peilsprong moet niet per definitie uitgegaan worden van het maximale peilverschil. Dit maximale peilverschil kan namelijk ontstaan zijn door extreme omstandigheden. Ook kan zo'n peilverschil het gevolg zijn van meetfouten. Als richtlijn kan uitgegaan worden van het maximale peilverschil dat in meer dan 90% van de situaties voorkomt. Kader 2 geeft een rekenvoorbeeld voor de bepaling van het peilverschil.

Kader 3.2 | Voorbeeld van de bepaling van het maximale peilverschil voor stuw Engebeek.

Voor het ontwerp van een vispassage is het maximale peilverschil over de stuw in de Engebeek bepaald. Hiervoor zijn waterstanden van een boven- en benedenstroomse locatie met elkaar vergeleken. Tabel 3.4 geeft aan hoeveel dagen bepaalde peilverschillen worden overschreden. Hieruit blijkt dat op meer dan 90% van de dagen in de onderzochte periode het peilverschil kleiner is dan 45 cm. Een peilverschil van 50 cm komt op minder dan 1% van de dagen voor. Het maximale waargenomen peilverschil is 65 cm, maar het is zeker niet nodig om de vispassage daarop te ontwerpen. In dit voorbeeld volstaat het om voor het ontwerp van de vispassage uit te gaan van een peilverschil van 45 cm. Desgewenst kan bij sterk uitzakkende peilen in droge perioden een vergelijkbare analyse alleen voor de migratieperiode uitgevoerd worden.

Tabel 3.4 | Bepaalde peilverschillen met aantal dagen overschrijding in de periode 2008-2011 (755 dagen totaal).

<i>Peilverschil (cm)</i>	<i>Aantal dagen</i>	<i>Relatief (%)</i>
30	88	11,7
35	321	42,5
40	568	75,2
45	690	91,4
50	748	99,1
60	753	99,7

3.4 Turbulentie en energiedemping

De 'draaiknoppen' in een ontwerp voor de energiedemping zijn het debiet door de vispassage, de peilsprong en het volume van het bekken of van de kamer. Voor het berekenen van de energiedemping wordt de formule van Larinier gebruikt:

$$\varepsilon = P/V = \rho \cdot g \cdot Q \cdot \Delta h / L \cdot B \cdot y_0$$

- ε energiedemping per bekken of kamer (W/m³)
- P energiedemping (W)
- V volume (m³)
- ρ dichtheid van water (998 kg/m³)
- g zwaartekrachtversnelling (9,81 m/s²)
- Q debiet (m³/s)
- Δh verval tussen bekkens of kamers (peilsprong; m)
- L lengte van bekken of kamer (m)
- B breedte van bekken of kamer (m)
- y_0 waterdiepte van bekken of kamer (m)

In deze handreiking gaan we uit van een maximaal toegestane energiedemping van 100 W/m³. Bij het toepassen van de formule dient er rekening mee te worden gehouden dat het volume (V) moet worden bepaald waarin de energiedemping daadwerkelijk plaatsvindt. Bij technische vispassages (met rechthoekige kamers) kan hiervoor daadwerkelijke lengte en breedte van de kamers in combinatie met de waterdiepte worden gebruikt. Bij bekkervispassages moet de breedte van de bekkens gecorrigeerd worden voor de helling van de oevertaluds.

3.5 Lengte van de vispassage en rustgelegenheid

Totaal aantal kamers of bekkens

Als vispassages te lang zijn en te veel kamers of bekkens hebben, raken vissen uitgeput en kunnen ze de vispassage niet meer passeren. Daarom mag het aantal bekkens of kamers niet te groot zijn.

In bovenlopen van beken en polderwateren, waar kleinere vissen met minder goede zwemcapaciteiten voorkomen, kan als richtlijn uitgegaan worden van maximaal 25 kamers of bekkens. In midden- en benedenlopen van beken en riviertjes, met betere zwemmers, kan als richtlijn uitgegaan worden van maximaal 35 kamers of bekkens. Uit onderzoek in de Aa of Weerij, een beek ingedeeld als midden- en benedenloop (zie § 12.10) bleken vertical slot vispassages met ruim dertig kamers nog goed passeerbaar.

Als het te overbruggen peilverschil om een groter aantal kamers of drempels vraagt, moet bekeken worden of andere oplossingen mogelijk zijn. Dit kan bijvoorbeeld door te kiezen voor een ander type vispassage of voor een grotere peilsprong per kamer. Vanzelfsprekend moet met een dergelijke keuze wel voldaan worden aan de andere ontwerpisen, zoals de maximale stroomsnelheid en toegestane turbulentie.

Rustgelegenheid

In Noord-Brabant hebben verschillende vispassages vanaf tien kamers een rustkamer. Als er genoeg ruimte is, krijgen ook bekkervispassages met veel drempels rustgelegenheid in de vorm van langere bekkens. Vismigratie-experts vinden echter dat rustgelegenheid niet of hooguit bij hele lange vispassages nodig is. Tegelijkertijd erkennen zij dat rustgelegenheid geen negatieve invloed heeft op het functioneren van vispassages en dat ze daarom deel uit mogen maken van het ontwerp.⁽⁷⁶⁾ Daarom gaan we in deze handreiking uit van één rustkamer of -bekken per acht à tien gewone kamers of bekkens. Het aantal gewone kamers tussen de rustkamers wordt daarbij verder stroomopwaarts steeds kleiner. Voor een vispassage van twintig kamers zijn bijvoorbeeld vanaf de uitstroomopening de achtste en vijftiende kamer groter gedimensioneerd. Het aantal gewone kamers is dan achtereenvolgens zeven, zes en vijf. De dimensies voor rustkamers zijn anderhalf tot twee keer de lengte en/of de breedte van de gewone kamers. Voor rustbekkens gaan we in deze handreiking uit van minimaal twee keer de lengte van de gewone bekkens.

3.6 Lokstroom

In § 2.7 is aangegeven dat zo veel mogelijk water door de vispassage moet stromen en zo weinig mogelijk water over de stuw. Zo ontstaat een sterke lokstroom. Hoe sterker de lokstroom is ten opzichte van de hoofdstroom, hoe gemakkelijker vissen de lokstroom kunnen vinden.

Als vuistregel geldt dat in de migratieperiode (en dat is over het algemeen het voorjaar) minimaal 5 tot 10% van de hoofdafvoer door de vispassage moet gaan. Dit percentage geldt als minimum voor de afvoeren die optreden als de vispassage werkzaam moet zijn. Voor technische vispassages met een min of meer constant debiet geldt dus dat bij de hoogste voorjaarsafvoer de lokstroom 5 tot 10% van de hoofdafvoer moet bedragen. Dan zal de lokstroom bij lagere afvoeren in verhouding groter zijn en dus relatief sterker.

Door semi-natuurlijke vispassages gaat vaak relatief veel water en wordt snel aan de vuistregel voldaan. Toch is het nodig om bij traploze nevenbeken en bekkervispassages in een bypass kritisch te kijken naar de lokstroom. Vaak is bij deze vispassages de uitstroomopening verder verwijderd van de stuw en in dat geval wordt de aantrekkingskracht van de lokstroom belangrijker. Er dient dan een grotere en sterkere lokstroom te worden gekozen.

Bij vispassages in smallere waterlopen met de uitstroomopening dicht bij de stuw is de omvang van de lokstroom en verhouding met de hoofdstroom minder belangrijk. De vissen gaan dan onder de stuw zoeken en vinden de vispassage meestal wel.

De keuze van de grootte van de lokstroom moet afgestemd worden op de beschikbare afvoer (zie § 3.2). Er bestaat namelijk het risico dat de gekozen lokstroom zo groot is, dat deze in een deel van het (voor)jaar niet beschikbaar is. Aangezien de vispassage wordt ontworpen op een bepaald debiet (= omvang lokstroom), kan er dan periodiek te weinig afvoer zijn om de vispassage te laten werken en schiet de keuze voor een grote lokstroom zijn doel voorbij. In een iteratief proces dient te worden bekeken welke afvoer gedurende het jaar of in de gewenste migratieperiode beschikbaar is en hoe daarmee de omvang van de lokstroom geoptimaliseerd kan worden. Dit moet leiden tot een compromis tussen enerzijds een vispassage die ook bij lage afvoeren goed functioneert en anderzijds voldoende lokstroom bij hoge afvoeren.

4

Waterbeheer

Bij het ontwerp van een vispassage zijn de ecologische en functionele randvoorwaarden leidend. Daarnaast moet rekening worden gehouden met randvoorwaarden vanuit het waterbeheer. Daarbij gaat het ondermeer om de afvoer, het gewenste peilbeheer en om het tegengaan van ongewenste neveneffecten van de aanleg van vispassages, zoals het risico op inundaties, vernatting en verdroging. Dit hoofdstuk gaat in op deze en enkele andere aandachtspunten vanuit het waterbeheer.

4.1 Afvoer

De afvoer van een waterloop bepaalt het beschikbare debiet voor de vispassage. Voor de keuze van een type vispassage is in eerste instantie de minimaal beschikbare afvoer van belang (zie § 3.2). In zijn ontwerp en uitvoering moet de vispassage uiteraard ook bestand zijn tegen hoge afvoeren. Dit geldt vooral voor semi-natuurlijke vispassages die in de hoofdloop liggen en zodoende de volledige afvoer van de waterloop moeten verwerken. Bij vispassages die als bypass naast een stuw zijn ontworpen, kan overtollig water via de stuw afgevoerd worden.

Als in een watergang in een polder onvoldoende water beschikbaar is om een vispassage te laten functioneren, kan met een gemaaltje water omhoog gepompt worden. Daardoor is er bovenstrooms voldoende water om de vispassage te laten functioneren. Een dergelijke oplossing is bijvoorbeeld toegepast bij een De Wit-vispassage in de Aalskreek, in het beheergebied van waterschap Brabantse Delta (zie hoofdstuk 13).

4.2 Peilbeheer

Gezien het verschil in peildynamiek maken we in deze paragraaf onderscheid in beken en polderwateren.

Beken

In genormaliseerde beken zorgen kunstwerken als stuwen voor tegennatuurlijke peilen. In de zomer kan het peil tot 30 cm hoger zijn dan in de winter. Als de vispassage de stuw in de hoofdloop vervangt, is het niet meer mogelijk het peil nauwkeurig te reguleren, zoals met een instelbare stuw. Vaak wordt in dit geval gekozen voor een bekkervispassage. Het laagste punt van de meest stroomopwaartse drempel bepaalt dan het bovenstroomse waterpeil. Als het wenselijk is om hierin meer te kunnen regelen kan een klep aangebracht worden in de meest bovenstroomse drempel, zoals bij vispassage Zaartpark in de Aa of Weerijns (zie hoofdstuk 10). Bij drempels met een vertical slot is het ook mogelijk te kiezen voor een ‘dichtzetconstructie’ van de slot, waardoor er geen water meer door de vertical slot kan stromen. De afsluitmogelijkheid moet dan wel goed bereik- en bedienbaar zijn, bijvoorbeeld met een loopbrug.

Als de regelbare stuw gehandhaafd blijft en de vispassage fungeert als bypass, blijft het mogelijk om verschillende peilen in te stellen. Als regelbare peilen gewenst zijn, moet daar in de keuze en het ontwerp van de vispassage rekening mee worden gehouden.

Technische vispassages zoals vertical slot en De Wit-vispassages zijn weinig gevoelig voor peilfluctuaties en kunnen in theorie het hele jaar functioneren. Voorwaarde is wel dat het peilverschil over de vispassage en daarmee de peilsprong per kamer niet te groot worden. Een bekkervispassage in de hoofdloop van een beek wordt altijd ontworpen op een vast bovenstrooms peil. Als er sprake is van verschillende bovenstroomse peilen, zoals een zomer- en winterpeil, zijn er voor een bekkervispassage in een bypass verschillende oplossingen mogelijk:

- Ontwerp van een zomer- en winterinstroomopening. De bovenste drempel in de ‘zomerinstroomopening’ ligt hoger dan die in de ‘winterinstroomopening’ en zorgt voor

voldoende opstuwung van het zomerpeil. De lager gelegen winterinstroomopening staat in de zomer dicht.

- Aanbrengen van een aanvullende technische constructie, bijvoorbeeld enkele kamers met slots om het hoge zomerpeil te handhaven (bij het lagere winterpeil sluit de bekkenpassage dan zelf aan op de hoofdwaterloop).

Polderwateren

In polderwateren is vaak sprake van tegennatuurlijke peilen; in de zomer zijn er naar verhouding hoge waterstanden en in de winter juist lage. Vanuit de eisen van peilbeheer wordt daarom in polders vrijwel altijd gekozen voor technische vispassages. Deze vispassages passen ook beter in het landschap en bij de beschikbare afvoeren, die over het algemeen laag zijn.

4.3 Inundatie, vernatting, verdroging en drainage

Bij technische vispassages hoeft het peilbeheer niet te veranderen en vormen inundatie, vernatting en/of ontwatering van aanliggende gronden geen probleem. Bij semi-natuurlijke vispassages spelen deze aspecten wel een rol. Een semi-natuurlijke vispassage in de hoofdstroom kan op zeer lokale schaal leiden tot inundatie en tot vernatting. Een nevenbeek kan (door zijn diepere ligging) ook een drainerende werking hebben en leiden tot verdroging of droogteschade. Als hier in het ontwerp rekening mee wordt gehouden, hoeft dit niet te leiden tot problemen.

Een traploze nevenbeek heeft vaak de meest ingrijpende effecten op de waterhuishouding. Meestal wordt een dergelijke vispassage aangelegd in een natuurgebied, waardoor inundatie, vernatting of drainage niet of minder problematisch zijn. Verdroging kan voor de omliggende natuur echter wel problematisch zijn. Voor semi-natuurlijke vispassages gaat deel 3 dieper in op deze effecten.

4.4 Voorkomen van overstromingen bij hoge afvoeren

In sommige Brabantse beken worden stuwen niet alleen gebruikt om water vast te houden, maar ook om bij hoge afvoeren het water versneld af te voeren. In dat geval wordt de stuw plat gelegd, waardoor de opstuwende werking sterk vermindert. Bij de keuze van het type vispassage en het ontwerp moet hiermee rekening worden gehouden.

Bij de keuze voor een vispassage in een bypass vormt het versneld afvoeren geen probleem. Het water kan dan immers nog via de (gestreken) stuw afgevoerd worden. Vispassages in de hoofdwaterloop hebben vaak echter juist een opstuwende werking, waardoor versnelde afvoer wordt gehinderd. In hoofdstuk 10 komen voor bekkervispassages mogelijke oplossingen aan bod om ongewenste overstromingen te voorkomen.

4.5 Water vasthouden in droge perioden

Vaak worden stuwen in beken gebruikt om in droge perioden water vast te houden. Een vispassage fungeert in dat geval als een 'lek' – er stroomt immers water door. Er zijn verschillende 'dichtzetconstructies' om dit lekverlies tegen te gaan. Voor de verschillende typen vispassages worden deze constructies in deel 3 behandeld.

Als het nodig is om een vispassage (tijdelijk) dicht te kunnen zetten, is het belangrijk om met de keuze en dimensionering van de vispassage te zorgen dat de vispassage zeker in de migratieperiode zo lang mogelijk open kan blijven.

Voor vispassages met een dichtzetconstructie moet een protocol opgesteld worden. Het protocol geeft aan bij welk peil en/of bij welke afvoer de vispassage dichtgezet moet worden en hoe lang het dichtzetten moet duren. Zo kan het dichtzetten geoptimaliseerd worden. Medewerkers hoeven dan minder vaak naar de vispassage om deze dicht of open te zetten. Bovendien blijft de vispassage op die manier zo lang en vaak mogelijk open voor vissen. Een dichtzetconstructie moet goed, gemakkelijk en veilig bereikbaar zijn en bedienbaar door één persoon. Als dat niet het geval is, bestaat het risico dat vispassages in droge perioden wel worden dichtgezet, maar niet meer worden geopend als er weer voldoende water beschikbaar is. Onveilige of moeilijk bereikbare constructies, bijvoorbeeld met balken of dichtzetconstructies die in het midden van een drempel in een waterloop zitten, moeten worden voorkomen. Daarnaast is het belangrijk dat een vispassage óf volledig open óf volledig dicht staat. Als een dichtzetconstructie slechts gedeeltelijk wordt gesloten bestaat het risico dat vissen niet kunnen passeren, terwijl het door de stroming lijkt alsof de vispassage wél goed functioneert.⁽¹⁴⁾

4.6 Debietmetingen

Sommige stuwen vormen een onderdeel van een debietmeetpunt. Als er een vispassage bij zo'n stuw wordt aangelegd, zijn er zonder aanpassingen geen betrouwbare debietmetingen meer mogelijk. Als een vispassage in een bypass naast de meetstuw komt, is er namelijk sprake van een 'lek' en geven de metingen foute informatie. Bij een vispassage in de hoofdloop kunnen drempels vanwege hun grillige vorm niet fungeren als meetstuw. De oplossing moet gezocht worden in een nieuwe meetinstallatie stroomop- of -afwaarts van de vispassage. Vanzelfsprekend mag dit niet in de vorm van een meetstuw, omdat er dan een nieuwe barrière ontstaat. In Brabant zijn twee typen vispasseerbare meetsystemen toegepast.

Akoestische meetsystemen

Er zijn verschillende akoestische meetsystemen op de markt. Zo'n meetsysteem berekent het debiet door met geluidsgolven de waterstand en de stroomsnelheid te meten.

Waterschap Brabantse Delta verving in 2002 een meetstuw in het Merkske door een bekkervispassage met stroomopwaarts een akoestisch meetsysteem. Het meetsysteem bestaat uit vier sensoren (zie figuur 4.1) en vormt geen enkele barrière voor migrerende vissen (zie hoofdstuk 10). Aangezien de meetinstallatie volledig onder water zit en daarmee niet zichtbaar is, bestaat het risico op schade als gevolg van mechanisch onderhoud van



Figuur 4.1 | Akoestische meetinstallatie tijdens aanleg van vispassage in het Merkske.

Foto: waterschap Brabantse Delta

de watergang. Daarom staan bij de installatie in het Merkske borden met een verbod op machinaal maaien.

Waterschap Aa en Maas gebruikt een ander type akoestisch meetsysteem, een ADCP. Een ADCP berekent het debiet door met geluidsgolven de waterstand en de stroomsnelheid te meten. Meer informatie is te vinden in het Handboek debietmeten in open waterlopen.⁽²⁵⁾ In de grote waterlopen in Den Bosch worden ADM's gebruikt die volgens het zelfde principe werken als de ADCP. ADM's zijn veel nauwkeuriger en robuuster, maar ook veel duurder.

Venturi-meetdoorlaat

De Venturi-meetdoorlaat staat in de Strijbeekse Beek in het beheergebied van waterschap Brabantse Delta als meest bovenstroomse 'trede' van een bekkervispassage (zie figuur 4.2). Uit monitoring is gebleken dat de vispassage - en dus ook de meetdoorlaat - goed passeerbaar is voor vis.



Figuur 4.2 | Venturi-meetdoorlaat in Strijbeekse Beek als meest stroomopwaartse trede van een bekkervispassage.

Foto: waterschap Brabantse Delta

5

Beheer, onderhoud en Arbo

Het is belangrijk dat vispassages niet verstopt raken met hout, vegetatieresten en drijfvuil en dat eventuele stortstenen en obstakels op de juiste plaats blijven liggen, zodat de vispassage optimaal functioneert. Dat is met name belangrijk tijdens de paaimigratie. Om te zorgen dat de vispassage niet verstopt raakt, moeten al in het ontwerp maatregelen getroffen worden. Daarnaast blijft jaarlijks ook inspectie en onderhoud noodzakelijk. Om dat veilig te kunnen doen is er in het ontwerp en bij de realisatie van vispassages ook aandacht nodig voor de Arbowetgeving. Dit hoofdstuk gaat in op het beheer en onderhoud van vispassages en op de ontwerpeisen vanuit de Arbowetgeving.

5.1 Ontwerp

Vispassages dienen voorzieningen te krijgen die de instroom van drijfvuil tegengaan.

Hierbij kan gedacht worden aan:

- een drijfbalk aan de stroomopwaartse zijde van de vispassage;
- een drijfvuilrooster met grove spijlen bij de instroomopening. De spijlen hebben een onderlinge afstand van minimaal 10 cm, lopen tot onder de waterspiegel door, maar houden ten minste een waterkolom van 50 cm vrij voor vismigratie. Bij deze constructie moet ervoor gewaakt worden dat de roosters geen veranderingen in het stroompatroon veroorzaken. Dit was wel het geval bij een vispassage in de Nederrijn. Na verwijdering van het rooster nam de migratie duidelijk toe.⁽⁷⁶⁾

Om in droge perioden water vast te kunnen houden zijn veel vispassages aan de instroomzijde voorzien van een dichtzetconstructie. Daarnaast adviseren wij aan zowel de in- als uitstroomopening sponningen aan te brengen. Dan kan de vispassage met balken dichtgezet worden om onderhoud uit te voeren. Deze sponningen kunnen tevens gebruikt worden om een fuik in te bevestigen voor monitoring van de vispassage.

Om onderhoud aan de vispassage mogelijk te maken, moet deze goed bereikbaar zijn. Daarom is het belangrijk om bij en naar de vispassage een goed onderhoudspad en/of obstakelvrije zone van ongeveer 4 meter breed aan te leggen.

5.2 Inspectie en onderhoud

Hoewel een goed ontwerp veel onderhoudsproblemen kan voorkomen, blijft inspectie en onderhoud van vispassages noodzakelijk. Afhankelijk van het type vispassage kan dat onderhoud bestaan uit hand- en/of machinaal werk. In hoofdlijnen gaat het daarbij om de volgende werkzaamheden:

- In februari, voorafgaand aan de paaitrek, moet de vispassage worden nagelopen op verstoppingen en andere onregelmatigheden, zoals verplaatste stortstenen. Eventuele verstoppingen en onregelmatigheden moeten worden hersteld.
- In de migratieperiode is een regelmatige controle nodig van ten minste één maal per maand. De controle is gericht op het verwijderen van vuil uit de vispassages, het vrijmaken van de doorzwemopeningen of drempels en het terugplaatsen van stenen.
- Bij de controles voorafgaand en tijdens de migratieperiode moet worden nagegaan of de afsluitbare vispassages volledig open staan. Als dat niet het geval is, moeten ze open worden gezet (tenzij ze vanwege droogte dicht staan om water bovenstrooms vast te houden).
- Bij de controles moet verder worden nagegaan of houtige opslag en kruidige gewassen bij de in- en uitstroomopeningen, op bekkentaluds en op drempels verwijderd moeten worden. Opslag en gewassen die de werking van de vispassage beperken, moeten verwijderd worden.
- Na hoogwatergolven moet worden gecontroleerd of er erosie is opgetreden. Dit geldt vooral voor bekkervispassages, zeker voor de eerste hoogwatergolf na de aanleg.
- Op langere termijn kan het nodig zijn stortstenen in de vispassage aan te vullen.

5.3 Arbowetgeving

De Arbowet bepaalt dat de werkgever moet zorgen voor veilige arbeidsomstandigheden. Bij het ontwerp en de realisatie van vispassages wordt daar vaak onvoldoende rekening mee gehouden. Dit leidt er soms toe dat vispassages bij betreding onveilig zijn, moeilijk tot niet zijn te onderhouden en/of lastig zijn af te sluiten. Deze paragraaf gaat in op de aandachtspunten voor het ontwerp die voortkomen uit de Arbowet.

In deze handreiking staan randvoorwaarden voor het ontwerp, zoals de aanleg van een goed bereikbaar onderhoudspad, om het onderhoud van vispassages te vergemakkelijken. Dergelijke voorwaarden zijn ook vanuit de Arbowetgeving van belang. Daarnaast is het bij technische vispassages, zoals de vertical slot en de De Wit-vispassage, belangrijk om gevaarlijke delen te voorzien van een reling. Bij bekkervispassages zijn dichtzetconstructies vaak moeilijk bereikbaar en bedienbaar, waardoor zich problemen kunnen voordoen met de veiligheid (zie ook hoofdstuk 10). Figuren 5.1 en 5.2 laten vispassages zien waarbij geen rekening is gehouden met eisen vanuit de Arbowet. Figuur 5.3 laat een vispassage zien waarbij dit wel het geval is en figuur 5.4 een aanpassing van de situatie in figuur 5.2 waarmee wel wordt voldaan aan de Arbowet. Deel 3 gaat per type vispassages in op veilige arbeidsomstandigheden.



Figuur 5.1 | De Wit-vispassage zonder reling

Foto: waterschap Brabantse Delta

Het is belangrijk om vanaf het ontwerp tot de uitvoering van de vispassage rekening te houden met veilige arbeidsomstandigheden voor het onderhoud en het beheer. Dat is ook van belang in verband met eventuele betreding door particulieren. Aanpassingen achteraf zijn vaak lastig te realiseren en de kosten hoger dan als ze meteen in ontwerp en bij de aanleg waren meegenomen.



Figuur 5.2 | V-vormige
bekkenvispassage
met 'onbereikbare'
dichtzetconstructie.

Foto: waterschap Brabantse Delta



Figuur 5.3 | Vertical slot
vispassage die op gevaarlijke
plekken is voorzien van een
reling.

Foto: waterschap Brabantse Delta



Figuur 5.4 | Loopbrug waarmee
dichtzetconstructie makkelijker en
veiliger bediend kan worden.

Foto: waterschap Brabantse Delta

6

Monitoring

Om te bepalen of een vispassage goed functioneert, kunnen vispassages onderzocht worden op hun hydraulische en ecologische werking. Bij hydraulische monitoring worden bepaalde parameters van de vispassage gemeten – zoals peilsprong en stroomsnelheid – en vergeleken met de ontwerpeisen. Bij ecologische monitoring wordt gemeten of vissen de vispassage daadwerkelijk kunnen passeren. Hiervoor zijn verschillende technieken ontwikkeld, die in dit hoofdstuk besproken worden. De keuze voor een monitoringstechniek is mede afhankelijk van het doel. Voor de juiste inzet en frequentie van monitoring is het belangrijk een goede strategie op te zetten.

6.1 Monitoringsstrategie

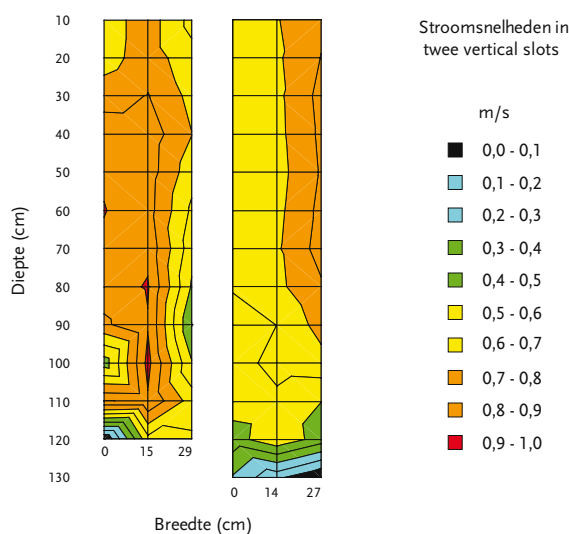
Een goede monitoringstrategie beschrijft onder andere welk type monitoring (hydraulisch of ecologisch) wanneer wordt ingezet, op welke plekken en met welke frequentie wordt gemeten (eenmalig, eens per vijf jaar, jaarlijks of continu). Een goede monitoringstrategie zorgt ervoor dat het beschikbare budget efficiënt wordt ingezet en de gewenste informatie wordt verkregen.

6.2 Hydraulische monitoring

Hydraulische monitoring is aanzienlijk goedkoper dan ecologische monitoring. Een belangrijk nadeel van hydraulische monitoring is dat het geen uitsluitel geeft over de vraag of vissen de vispassage daadwerkelijk gebruiken.

Bij hydraulische monitoring wordt aan de hand van metingen bekeken of een vispassage voldoet aan de meest kritische ontwerpeisen, zoals de peilsprong, de stroomsnelheid en de grootte van de lokstroom. Het is van belang dat tijdens de monitoring de afvoer niet sterk afwijkt van de ontwerpafvoer; een eerlijke vergelijking met de ontwerpeisen is anders namelijk niet mogelijk. Daarom wordt vaak op verschillende momenten in het voorjaar gemeten.

De peilsprong kan eenvoudig met een baak bepaald worden. Ook de doorzweemhoogte en -breedte kunnen eenvoudig worden gemeten. Het bepalen van de stromingscondities vergt meer tijd. Per drempel of venster moet een gedetailleerd profiel bemeten worden met een stroomsnelheidsmeter. Een hoog detailniveau is nodig, aangezien er zeer veel variatie in ruimte (en tijd) is (zie ook figuur 6.1). Als op slechts één plek in het profiel geschikte stromingscondities aanwezig zijn, kan de drempel of slot al prima functioneren. Voor het bepalen van de grootte van de lokstroom zal een tijdelijk debietmeetpunt in of achter de vispassage ingericht moeten worden. De gegevens kunnen dan vergeleken worden met de afvoer door de hoofdloop van de beek, die vaak bekend is.



Figuur 6.1 | Voorbeeld van gemeten stroomsnelheden in een vertical slot vispassage. ⁽²⁸⁾

Tegelijkertijd uitgevoerde hydraulische en ecologische monitoring in vier vispassages in het beheergebied van waterschap De Dommel leidde niet tot een verschillende beoordeling van het functioneren.⁽²⁸⁾ Hydraulische evaluatie van acht vispassages bij waterschap Aa en Maas heeft veel aanbevelingen voor verbeteringen opgeleverd.⁽⁴⁷⁾

6.3 Ecologische monitoring

Met ecologische monitoring wordt inzicht verkregen in welke vissen de vispassage passeren. Daarmee wordt direct duidelijk of de vispassage voldoet aan de doelstelling om vismigratie mogelijk te maken. Er bestaan diverse methoden om de ecologische werking van een vispassage te bepalen. Iedere methode heeft voor- en nadelen. De keuze voor een methode is afhankelijk van het doel van de monitoring, het type vispassage en de kenmerken van de waterloop. In Brabant wordt vooral fuikmonitoring toegepast. Naast fuikmonitoring beschrijft dit hoofdstuk verschillende monitoringsmethoden die vooralsnog niet of nauwelijks in Brabant gebruikt worden, zoals de Fish Counter en telemetrisch onderzoek.

Fuikmonitoring

Fuikmonitoring geeft inzicht in de vissen die een vispassage passeren. De fuik komt bovenstrooms van de vispassage te staan. Bij voorkeur wordt de fuik aan de instroomopening van de vispassage bevestigd, zodat alle passerende vissen gevangen worden. Als dat niet mogelijk is, moet de fuik - eventueel met aanvullend netwerk - de instroomopening van de vispassage of de waterloop over de volledige breedte afsluiten. Als bij het ontwerp van de passage al bekend is dat fuikmonitoring plaats gaat vinden, is het verstandig om de instroomopening te voorzien van een sponning waaraan de fuik bevestigd kan worden (zie figuur 6.2). Dit is vooral bij technische vispassages goed mogelijk, maar vaak lastiger te realiseren bij natuurlijke en semi-natuurlijke vispassages. Omdat de vissen worden gevangen die de vispassage passeren, geeft deze methode een goed beeld van de soorten, lengteklassen en aantallen vissen die gebruik maken van de vispassage in de onderzoeksperiode. De onderzoeksperiode dient afgestemd te worden op de migratieperiode van de doelsoorten (zie tabel 2.1 in § 2.2).



Figuur 6.2 | Fuikopstelling bij de uitzwemopening van de De Witvispassage in het Peelkanaal bij Mill.

Foto: waterschap Aa en Maas

Toepassing

Fuikmonitoring is arbeidsintensief en daarom ook duur. De fuik moet regelmatig geleegd worden, minimaal om de één tot twee dagen. Vooral bij warm weer zijn vissen kwetsbaar en kan snel sterfte in de fuik optreden. Net als tijdens de piekperiode van de migratie kan het dan nodig zijn de fuik vaker te lichten, bijvoorbeeld dagelijks.

Vissen merken fuiken met veel drijfvuil of algen in het netwerk eerder op en kunnen dan besluiten om de fuik niet in te zwemmen. Daarom is het nodig de fuik minimaal één keer per week goed schoon te spuiten, en zo nodig bij elke lichting. Anders bestaat het risico dat de fuikvangst geen goede afspiegeling geeft van de vissen die de vispassage kunnen passeren.

Een bovenstroomse fuik laat alleen zien welke vissen de vispassage daadwerkelijk passeren, maar geeft geen inzicht in de vissen die de vispassage wel zouden willen passeren, maar dat niet kunnen. Om hierin inzicht te krijgen kan benedenstrooms van de vispassage een zogenaamde aanbodfuik geplaatst worden. Vissen die in deze aanbodfuik aangetroffen worden, kunnen gemerkt worden en benedenstrooms van de passage teruggeplaatst worden. Het aantal gemerkte vissen dat bovenstrooms van de passage wordt teruggevangen, geeft inzicht in het aandeel dat de vispassage daadwerkelijk passeert (merkterugvang experiment). Ook zonder merken en terugvangen kan een aanbodfuik overigens waardevolle informatie opleveren over welke vissen benedenstrooms van de stuw aanwezig zijn en potentieel willen migreren.

Vandalisme en diefstal

Fuiken zijn gevoelig voor vandalisme en diefstal. De gevoeligheid verschilt per locatie en is op voorhand moeilijk in te schatten. Als tijdens het onderzoek een fuik wordt gestolen of vernield, geeft het onderzoek mogelijk een verkeerd beeld van de werking van de vispassage. Vandalisme en diefstal kunnen op verschillende manieren beperkt worden:

- Informeer omwonenden over het onderzoek en vraag ze een oogje in het zeil te houden.
- Plaats borden om duidelijk te maken dat het om onderzoek gaat en niet om stroperij.
- In meer afgelegen gebieden kan het verstandig zijn de fuik juist verdekt op te stellen, zodat eventuele voorbijgangers de fuik niet opmerken.
- In de praktijk blijkt dat diefstal of vernieling van de fuik soms eenmalige gebeurtenissen zijn. Daarom kan de fuik het beste minimaal één keer teruggezet worden.

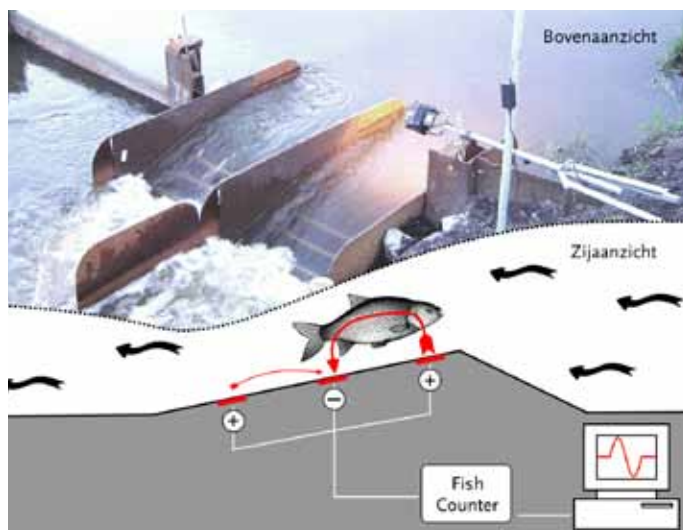
Fish Counter

Een Fish Counter wordt gebruikt om een continu beeld van het aantal passerende vissen te krijgen, zonder dat het nodig is inzicht te hebben in soorten die migreren.^(15,67) De Fish Counter bestaat uit een kunstmatige helling met dwars op de stroomrichting drie elektroden waarover de afvoer van de vispassage stroomt. De Fish Counter telt het aantal passerende vissen door spanningsverschillen te registreren. Zodra een vis de eerste twee elektroden passeert, verplaatst de elektrische stroom zich door de goed geleidende vis. Hierdoor ontstaat een piek in de spanning. Door de omgekeerde polarisering (-) → (+) tussen de 2de en 3de elektrode wordt daarna een spanningsdal waargenomen. Een piek/dal combinatie geeft aan dat de vis stroomopwaarts zwemt. Een stroomafwaarts passerende vis geeft eerst een spanningsdal en daarna een spanningspiek. De hoogte van de spanningspiek is een maat voor de afmeting van de passerende vis (zie figuur 6.3).⁽⁵³⁾ Soortherkenning is niet mogelijk met de Fish Counter. In de registraties van de Fish Counter

wordt alleen onderscheid gemaakt tussen vissen en andere materialen, zoals takken en bladeren. Met de Fish Counter kan wel een schatting gegeven worden van de lengteklassen van de passerende vissen.

Toepassing

Bij de keuze voor de Fish Counter moet rekening worden gehouden met het feit dat de Fish Counter op elektriciteit werkt. Er zal dus een voorziening aanwezig moeten zijn die hierin voorziet. Monitoring met de Fish Counter is arbeidsintensief, omdat de verkregen data geanalyseerd moeten worden. De aanlegkosten van een Fish Counter zijn ook relatief hoog.



Figuur 6.3 | De Fish Counter bij vispassage Bieberg in de Boven Mark, met een schets van meten van spanningsverschil over elektroden. ⁽⁵³⁾

Foto: VisAdvies

Telemetrisch onderzoek

Telemetrisch onderzoek wordt door de Brabantse waterschappen nog niet toegepast bij vispassages. Bij telemetrisch onderzoek krijgen vissen via een chirurgische ingreep een zendertje ingebracht, een zogenaamde transponder. Na de ingreep wordt de vis terug gezet. In de waterloop worden antennes met detectiestations geplaatst die de 'transpondervissen' registreren. Het bekendste voorbeeld van telemetrisch onderzoek is het NEDAP Trail System van Rijkswaterstaat in de grote rivieren. In eerste instantie werden alleen in zalm en zeeforel transponders ingebracht; later is het onderzoek uitgebreid naar andere vissoorten, waaronder snoekbaars en paling.

Naast de NEDAP-transponders worden ook zogenaamde PIT-tags (Passive Integrated Transponder) gebruikt. Een PIT-tag is veel kleiner dan de transponders in het NEDAP-systeem en gaat veel langer mee omdat de tag geen batterij nodig heeft. Nadeel is de beperkte detectieafstand. Het PIT-tagstelsel leent zich alleen voor ondiepe en/of smalle wateren, maar lijkt daardoor bijvoorbeeld goed toepasbaar bij openingen van vispassages. Waterschap Brabantse Delta heeft in de nazomer van 2012 een onderzoek uitgevoerd met PIT-tags om de vispasseerbaarheid van de sifon onder het Wilhelminakanaal te onderzoeken. Deze sifon heeft een diameter van 1,6 m en kabels met die omvang fungeerden als antennes. Veel van de 'gezenderde' vissen werden in de eerste week van het onderzoek geregistreerd door de detectiestations. Daarmee bleek de methode met PIT-tags uitermate geschikt voor het onderzoek.

Telemetrisch onderzoek heeft verschillende voordelen. De migratie van individuele vissen door een groter watersysteem kan gevolgd worden. Daarnaast kan telemetrisch onderzoek inzicht geven in het gedrag van vissen. Zo kan bijvoorbeeld duidelijk worden of een vis wel of juist geen moeite heeft om een vispassage te passeren.

Toepassing

Telemetrisch onderzoek is kostenintensief. Het vangen van vissen en het inbrengen van de transponders of tags is arbeidsintensief. Daarnaast is het aanleggen en onderhouden van de detectiestations kostbaar. Het zenderen van vissen is specialistisch werk en voor dergelijke onderzoeken is goedkeuring vereist van de Dier Experimenten Commissie.

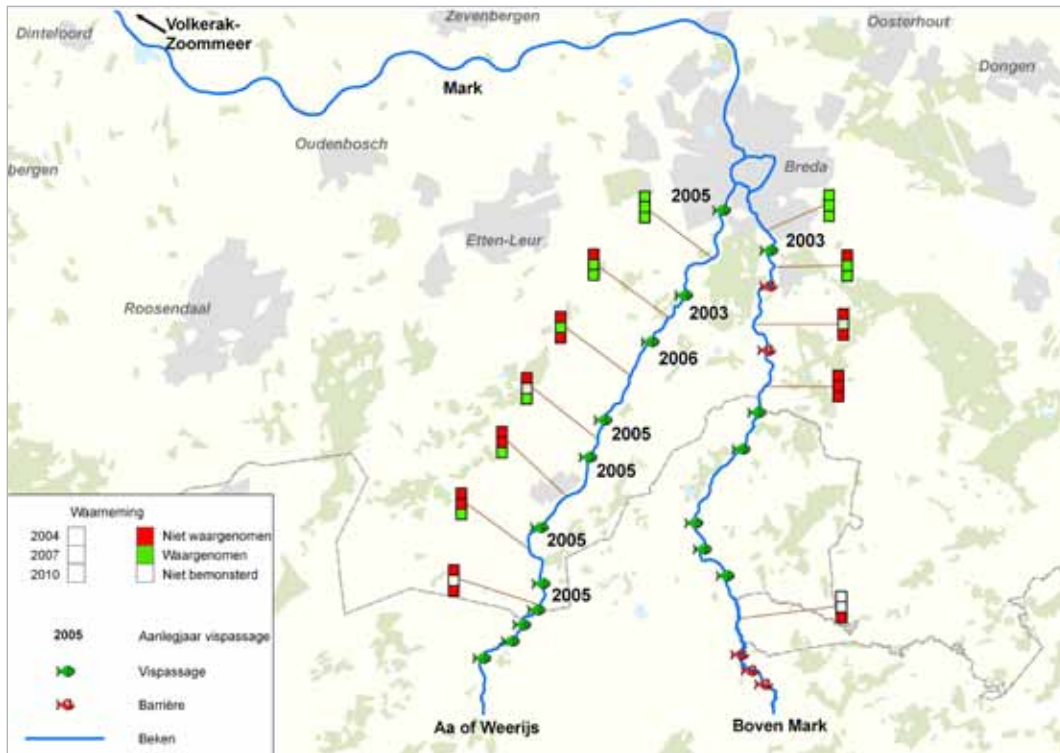
Dual frequency Identification Sonar (Didson)

De Dual frequency Identification Sonar (Didson) wordt door de Brabantse waterschappen niet toegepast. De Didson is een soort onderwater videocamera die geluid omzet in beelden. Hierdoor kunnen zowel overdag als 's nachts opnamen gemaakt worden. De beelden kunnen met speciale software geanalyseerd worden. De Didson is alleen geschikt voor grotere vissen in wateren die redelijk breed zijn. De Didson is gevoelig voor hoge stroomsnelheden en luchtbellens. Aanschafkosten liggen tussen de € 80.000 en € 90.000. Analyse van de beelden en data is erg arbeidsintensief. Voor monitoring van vispassages in Brabant achten we andere technieken beter geschikt.⁽³⁷⁾

6.4 Monitoring in de vorm van visstandbemonsteringen

Naast de specifieke monitoring van vispassages voeren de Brabantse waterschappen regelmatig visstandbemonsteringen uit. Ook de uitkomsten van deze bemonsteringen kunnen informatie opleveren over het functioneren van vispassages.

Voor de Kaderrichtlijn Water (KRW) onderzoekt waterschap Brabantse Delta eens in de drie jaar de visstand in de waterlichamen. In de Aa of Weerij en de Boven Mark hebben inmiddels drie KRW-visstandbemonsteringen plaatsgevonden. Beide beken komen uit in de singels van Breda en zijn op hoofdlijnen vergelijkbaar. Belangrijkste verschil tussen beide beken is dat de Boven Mark een hogere afvoer kent en dat alleen de meest stroomafwaartse stuw in de Boven Mark voorzien is van een vispassage. In de Aa of Weerij zijn alle stuwen voorzien van vispassages. De uitkomsten van de visstandbemonsteringen, en met name de vangsten van winde, laten zien dat de vispassages in de Aa of Weerij functioneren.⁽⁶⁾ Begin 2000 – toen er nog geen vispassages waren aangelegd – kwam winde alleen in de benedenstroomse stuwpannen van beide beken voor. In 2007 en 2010 was de verspreiding van winde in de Boven Mark beperkt tot de eerste barrière. Maar in de Aa of Weerij had winde zich na de aanleg van de vispassages verspreid over nagenoeg de gehele beek (zie figuur 6.4).



Figuur 6.4 | Verspreiding van winde in opeenvolgende jaren over de Aa of Weerijns en Boven Mark.

deel 2

Het proces

Om een goed functionerende vispassage te ontwerpen, aan te leggen en te beheren is gedegen kennis nodig van onder meer het gedrag van vissen, de hydraulische werking van vispassages en randvoorwaarden vanuit het waterbeheer. Deze zaken zijn in deel 1 behandeld. Het aanleggen van een vispassage vraagt echter ook om goede samenwerking en afstemming, en om een stapsgewijze aanpak, van ontwerp tot uitvoering. Voor een vispassage bestaat namelijk geen standaardoplossing of blauwdruk. Het ontwerp en de realisatie van een vispassage vragen altijd om maatwerk, waarbij de voor- en nadelen van verschillende opties goed tegen elkaar afgewogen moeten worden. Zo kunnen de ontwerpkeuzes in een iteratief proces steeds verder aangescherpt worden. Dit deel gaat in op het proces. Hoofdstuk 7 beschrijft de stappen die gezet moeten worden om tot een goed ontwerp, een goede uitvoering en goed beheer te komen, en gaat ook in op de vraag wie daarbij betrokken moeten worden. Hoofdstuk 8 beschrijft hoe de keuze voor een bepaald type vispassage gemaakt kan worden.

7

Van knelpunt naar oplossing

De realisatie van een vispassage is een complexe opgave, waarvoor geen blauwdruk of standaardoplossing bestaat. Het vraagt altijd om maatwerk, waarbij de voor- en nadelen van verschillende opties tegen elkaar afgewogen moeten worden. Om bij de realisatie van een vispassage weloverwogen keuzes te maken, is het belangrijk om systematisch en stapsgewijs te werk te gaan. Ook is het belangrijk om op het juiste moment de juiste personen bij het ontwerpproces te betrekken. Dit hoofdstuk beschrijft de zeven stappen die nodig zijn voor de realisatie van een vispassage; van visievorming, oriëntatie, typekeuze en ontwerp tot bestek, aanleg en beheer. In dit hoofdstuk besteden we geen aandacht aan bestuurlijke aspecten van het proces, zoals de vaststelling van een projectplan of de financiering daarvan. Deze trajecten verschillen namelijk per waterschap.

Stap 1: Visievorming

Meestal maakt de wens om een vismigratieknelpunt op te lossen deel uit van een groter pakket aan wensen. Deze wensen zijn afgeleid van vastgestelde doelen voor de betreffende waterloop of het betreffende gebied. In dergelijke gevallen ligt er al een (gebieds)visie of stelt het waterschap eerst een visie op, zoals een beekherstelplan. Een dergelijke visie schetst het gewenste toekomstbeeld en geeft daarmee richting aan het ontwerp van de vispassage.

Soms is het oplossen van een vismigratieknelpunt een losstaand project. Vaak zal dat gebeuren in het kader van een vastgesteld doel uit een beleidsnota, zoals een vismigratieplan. Ook als alleen de doelstelling geformuleerd is om het vismigratieknelpunt op te lossen, is het verstandig om een bredere visie voor het stroomgebied of de waterloop op te stellen. Bij het opstellen van de visie moet ook rekening gehouden worden met de mogelijke aanwezigheid van exoten (zie kader 7.1). De gekozen oplossing moet passen in de omgeving en bij te verwachten toekomstige ontwikkelingen.

Resultaat

Visie met de kaders voor herstelmaatregelen, waaronder de vispassage.

Kader 7.1 | Vismigratie en de verspreiding van exoten.

De laatste jaren komen er steeds meer 'exoten' voor in de Brabantse watergangen. Onder exoten worden uitheemse soorten verstaan, zowel flora als fauna. In sommige gevallen kan de aanwezigheid van een stuw of andere migratiebarrière de opmars van exoten stuiten of vertragen. Het is in die gevallen de vraag of het aanleggen van een vismigratievoorziening wenselijk is, of dat het belangrijker is om verdere verspreiding van de betreffende exoten te voorkomen. De komende jaren zal er meer duidelijkheid komen over de relatie tussen vismigratiebarrières en de verspreiding van exoten. Tot dat moment is het belangrijk per project het risico op verdere verspreiding van ongewenste exoten te beoordelen en mee te laten wegen bij de keuze voor een oplossingsrichting.

Stap 2: Oriëntatie

In de oriëntatiefase komt voor het eerst een projectgroep bijeen. Die projectgroep bestaat ten minste uit een projectleider van het waterschap, vispassagedeskundigen op het vlak van ecologie en hydrologie en een (water)beheerder met kennis van de lokale situatie. Hoewel de beheerder op dit moment nog te vaak geen deel uitmaakt van het projectteam, is diens kennis van de lokale omstandigheden van groot belang. Zo kunnen namelijk voor het ontwerp, de uitvoering en het beheer de juiste keuzes gemaakt worden die gestoeld zijn op praktijkervaringen.

Als besloten is om (een deel van) het ontwerp en de uitvoering uit te besteden, wordt de projectgroep aangevuld met medewerkers van het adviesbureau. De interne projectgroep

fungeert dan als opdrachtgever voor het adviesbureau. Van het waterschap én het adviesbureau dienen ecologen en hydrologen deel te nemen aan de projectgroep.

In de oriëntatiefase omschrijft de projectgroep het knelpunt en bestudeert mogelijke oplossingsrichtingen. Dit werkt het beste door met de hele projectgroep in het veld bij de migratiebarrière te gaan kijken. Het is belangrijk om altijd te overwegen of het wel nodig is om een vispassage aan te leggen of dat het mogelijk is om een groter peilvak of stuwspand te creëren. In dat geval kan de stuw namelijk vervallen of kan een dusdanige stuwinstelling gekozen worden dat vismigratie mogelijk wordt. Dat kan bijvoorbeeld door de klep in de laagste stand te zetten (plat op de bodem) of door de schotbalken te verwijderen. Als de stuw aanwezig blijft, kan deze incidenteel ingezet worden voor beheer of onderhoudswerkzaamheden.

In de verkenning van de oplossingsrichtingen stelt het waterschap de randvoorwaarden voor de vispassage vast. De randvoorwaarden worden opgesteld vanuit het gedrag van de doelsoorten, het (water)beheer en het toekomstige onderhoud. In deel 1 zijn deze randvoorwaarden in algemene zin beschreven en in deel 3 voor elk type vispassage verder uitgewerkt.

Aanvullend kan de projectgroep locatiespecifieke randvoorwaarden formuleren. Zo is het bijvoorbeeld mogelijk om de zichtbaarheid van de vispassage vanaf de openbare weg of de landschappelijke inpasbaarheid als aspecten in de keuze voor een type vispassage mee te nemen. Eventuele wensen voor recreatie, zoals kanovaart, kunnen ook als locatiespecifieke randvoorwaarden worden opgenomen. Op die manier kan de recreatieve, landschappelijke en belevingswaarde van een vispassage worden meegewogen. Vaak kan na het veldbezoek al een eerste grove schets van de oplossingsrichting gemaakt worden.

Resultaat

Vastgestelde randvoorwaarden inclusief grove schets van de mogelijke oplossingsrichting.

Stap 3: Keuze van het type vispassage

Op basis van het resultaat van de oriëntatiefase - de vastgestelde randvoorwaarden en eventuele schets - maakt de projectgroep een onderbouwd voorstel voor het type vispassage. Hierbij kan de keuzehulp uit hoofdstuk 8 gebruikt worden. In veel gevallen zullen hydraulische analyses uitgevoerd moeten worden, bijvoorbeeld voor de hoeveelheid beschikbaar debiet en/of de optredende waterstanden.

Vervolgens maakt het waterschap een keuze voor het type vispassage. Deze keuze kan plaatsvinden op ambtelijk of bestuurlijk niveau, afhankelijk van het type project en de afspraken binnen het waterschap. Als er verschillende typen vispassages mogelijk zijn, presenteert de projectgroep per alternatief de voor- en nadelen en de kosten.

Resultaat

Keuze van het type vispassage.

Stap 4: Ontwerp

De projectgroep of het adviesbureau werkt het gekozen type vispassage uit in een schets en een beschrijving (gebundeld in een notitie). Nadat de schets akkoord bevonden is, worden hydraulische berekeningen uitgevoerd. Hierbij worden de effecten van de vispassage doorgerekend bij verschillende afvoeren. De resultaten van de berekening geven inzicht in onder andere de peilsprong en de diepte en stroomsnelheid in de vispassage. Tevens geven de berekeningen inzicht in de vraag bij welke waterstanden en afvoeren de vispassage kan functioneren, zodat duidelijk wordt in hoeverre de vispassage in de migratieperiode functioneert. Voor natuurlijke en semi-natuurlijke vispassages wordt tot slot ook in beeld gebracht welke effecten er verwacht kunnen worden op het gebied van inundatie, vernatting en verdroging.

Als de projectgroep akkoord is gegaan met de resultaten van de berekeningen, worden de ontwerptekeningen gemaakt. Het ontwerp wordt vervolgens getoetst aan de randvoorwaarden die in de oriëntatiefase zijn vastgesteld. Vaak is dit reken- en toetstraject een iteratief proces, waarin de ontwerpkeuzes en dimensionering steeds verder aangescherpt worden. Ontwerpkeuzes beïnvloeden elkaar namelijk. Het ontwerpdebiet bepaalt bijvoorbeeld de periode waarin de vispassage kan functioneren en de peilsprong is van invloed op de stroomsnelheid en de energiedemping in de vispassage (zie kader 7.2). Naast een ontwerp moet in deze fase ook een onderhoudsplan opgesteld worden. In het onderhoudsplan wordt concreet aangegeven welke werkzaamheden wanneer gedaan moeten worden. Het gaat dan onder andere om groenonderhoud (maaïen), inspectie en het beheerprotocol (wanneer afsluiten in perioden van droogte).

Resultaat

Vastgesteld ontwerp van de vispassage en vastgesteld onderhoudsplan.

Kader 7.2 | Iteratief ontwerpproces.

Een voorbeeld dat laat zien dat het ontwerp van een vispassage een iteratief proces is, is de keuze van de omvang van de lokstroom (in verhouding met hoofdstroom) en van het ontwerpdebiet. De keuze in verhouding lokstroom-hoofdstroom hangt namelijk samen met het ontwerpdebiet. Na een eerste keuze voor de grootte van de lokstroom (bijvoorbeeld minimaal 10% van de hoofdstroom), kan blijken dat de waterloop in bepaalde perioden te weinig afvoer heeft om de vispassage te laten functioneren (het ontwerpdebiet wordt in die perioden niet gehaald). In dat geval dient te worden nagegaan of een kleinere lokstroom (en daarmee een kleiner ontwerpdebiet) deze beperking opheft. Andersom kan men eerst een ontwerpdebiet kiezen en dat bijstellen om tot de gewenste lokstroom te komen. In beide gevallen is er sprake van een iteratief proces, dat uiteindelijk leidt tot een optimale afweging tussen lokstroom en ontwerpdebiet. Over het algemeen geldt namelijk dat een grote lokstroom zorgt voor voldoende aantrekkingskracht, terwijl een laag ontwerpdebiet ervoor zorgt dat de vispassage tijdens de migratieperiode zo lang mogelijk functioneert.

Stap 5: Bestek

Op basis van het uiteindelijke ontwerp wordt een bestek opgesteld. Het bestek is het document waarmee de vispassage gerealiseerd wordt. In het bestek worden de dimensionering en het benodigd materiaal exact uitgewerkt. Bij vertaling van ontwerp naar bestek moeten in de detaillering vaak nog keuzes gemaakt worden om het ontwerp uitgevoerd te krijgen. Deze keuzes kunnen de werking van de vispassage beïnvloeden. Er moet daarom altijd een ecologische en hydrologische toetsing van het bestek uitgevoerd worden. Daarnaast moet in het bestek tijd gereserveerd worden om een vispassagedeskundige op beslissende momenten in het veld in te schakelen, bijvoorbeeld bij het plaatsen van de stenen. In het bestek moet ook aangeven worden op welke momenten de expert zijn goedkeuring moet geven. Zonder deze goedkeuring mogen de werkzaamheden niet worden voortgezet (zie verder stap 6).

Resultaat

Vastgesteld bestek van de vispassage.

Stap 6: Aanleg

De meeste aannemers hebben weinig tot geen ervaring met de aanleg van vispassages, en in ieder geval geen kennis van het gedrag van vissen. Dit geldt vaak eveneens voor (externe) toezichthouders. Daarom is het belangrijk dat regelmatig een in- of externe vispassagedeskundige meekijkt bij de aanleg en aanwijzingen geeft. Aspecten die daarbij aandacht verdienen zijn bijvoorbeeld de situering van stenen, de diepte van de bekkens en de aansluiting op de waterloop. Overwogen kan worden om tijdens of direct na aanleg van de vispassage stroomsnelheidsmetingen te doen. In ieder geval moet er bij de oplevering van de vispassage ook een vispassagedeskundige aanwezig zijn. Eventuele onvolkomenheden kunnen dan in overleg met de aannemer snel opgelost worden. Als de aannemer naderhand niet meer met materiaal aanwezig is, zijn eventuele aanpassingen immers veel lastiger te realiseren.

Resultaat

Opgeleverde vispassage.

Stap 7: Beheer, onderhoud en monitoring

Inspectie

Afhankelijk van het type heeft een vispassage meer of minder tijd nodig om zich te 'ontwikkelen'. Vooral bij natuurlijke en semi-natuurlijke vispassages zoals een nevenbeek of een bekkervispassage moet de begroeiing zich ontwikkelen zodat de oevers zich kunnen stabiliseren. Als dat mogelijk is, is het verstandig om daar als waterschap in de beginperiode rekening mee te houden. In een nevenbeek kan het waterschap de afvoer in de eerste maanden na de aanleg bijvoorbeeld beperken, om de uitspoeling van zand te voorkomen. Tevens is het belangrijk de vispassage regelmatig te controleren en zo nodig eventuele onvolkomenheden aan te passen of te herstellen.

Ook na de beginperiode blijft het belangrijk om de vispassage regelmatig te inspecteren, al kan de inspectiefrequentie daarbij omlaag. In ieder geval dient in het vroege voorjaar, voorafgaand aan de migratieperiode van de belangrijkste doelsoorten, een grondige controle plaats te vinden. Tijdens de migratieperiode vindt bij voorkeur minimaal maandelijks controle plaats (zie verder § 5.2).

Beschrijving

Om het beheer en het onderhoud van een vispassage te vergemakkelijken is het verstandig om de gegevens van de vispassage goed vast te leggen. De registratie en overdracht van informatie komt van pas bij eventuele aanpassingen en herstelwerkzaamheden en is dus zeer belangrijk. De beschrijving van een vispassage is dynamisch, eventuele wijzigingen aan de vispassage of bijgestelde onderhoudsafspraken moeten dan ook geregistreerd worden.

Overleg

Het waterschap dient jaarlijks een (interne) bijeenkomst te organiseren met (vis) ecologen, onderhoudsmedewerkers en (water)beheerders. De ecologen kunnen informatie verstrekken over bijvoorbeeld nieuw aangelegde vispassages, herstelwerkzaamheden, monitoringsonderzoek etc., en het belang benadrukken van goed beheer en onderhoud van de vispassage. De onderhoudsmedewerkers en beheerders kunnen aangeven hoe de vispassage functioneert en welk onderhoud en aanpassingen gewenst zijn. Gezamenlijk kan vervolgens besproken worden of het beheer- en onderhoudsplan aangepast moet worden en of er bij toekomstige vispassages rekening gehouden moet worden met specifieke eisen voor onderhoud en beheer. Een goed moment voor een dergelijke bijeenkomst is net voorafgaand of aan het begin van de migratieperiode.

Monitoring

Om na te gaan of de vispassage voldoet aan de doelstellingen kan het wenselijk zijn om de werking te onderzoeken. Meer informatie over het opzetten en uitvoeren van monitoring is te vinden in hoofdstuk 6.

Resultaat

De beheerfase is een continu proces en duurt voort zo lang de vispassage in gebruik is. Afgezien van de beschrijving van de vispassage is er daardoor geen sprake van een concreet eindproduct.

8

Keuzehulp

De meest 'natuurlijke' oplossing om de migratie van vissen mogelijk te maken is om de stuw of barrière te verwijderen. In beeksystemen kan dat soms door beken integraal te herstellen. In polderwateren is dat in sommige gevallen mogelijk door peilvakken te vergroten. Maar vaak zijn deze oplossingen niet haalbaar omdat peilbeheer noodzakelijk blijft of omdat er te weinig geld of ruimte is. In die gevallen moeten barrières overbrugd worden door vispassages aan te leggen. Daarbij kan worden gekozen uit verschillende typen vispassages. Ieder type heeft specifieke kenmerken op het gebied van ecologie, hydrologie, waterbeheer en constructie. Daarnaast zijn er specifieke voor- en nadelen op het gebied van bijvoorbeeld onderhoud, landschappelijke inpassing, kosten en effectiviteit. Vaak kunnen er in één situatie verschillende typen vispassages worden toegepast of combinaties daarvan. Voor de keuze van een vispassage kan het beste een iteratief zoekproces worden doorlopen. Dit hoofdstuk biedt aanknopingspunten voor het stapsgewijs kiezen van de juiste vispassage. Maatwerk staat daarbij voorop.

8.1 Van natuurlijke tot technische vispassage

In deze handreiking komen de zeven typen vispassages aan bod die in Noord-Brabant toegepast zijn bij het oplossen van vismigratieknelpunten bij stuwen of bodemvallen. In deel 3 worden de vispassages uitgebreid per type behandeld. De besproken vispassages kunnen worden onderverdeeld in drie categorieën:

1. Een **natuurlijke vispassage** is een vispassage die de natuurlijke beekloop benadert en waarin (vrijwel) geen kunstmatige onderdelen zijn aangebracht, zoals stortstenen. Een natuurlijke vispassage draagt bij aan (het herstel van) natuurlijk beekhabitat en aan de stromingsdynamiek. De aanleg van een natuurlijke vispassage vraagt veel ruimte.
2. Een **semi-natuurlijke vispassage** is een vispassage in een waterloop of nevenbeek, waarin kunstmatige onderdelen zijn aangebracht om het peilverschil te overbruggen, zoals drempels van stortstenen. Een semi-natuurlijke vispassage biedt habitat voor stromingsminnende soorten en vraagt vooral bij keuze van een nevenbeek om relatief veel ruimte. Het ruimtebeslag is echter kleiner dan bij een natuurlijke vispassage.
3. Een **technische vispassage** is opgebouwd uit kunstmatige materialen, zoals beton, metaal, hout en/of kunststof. Het is een compacte constructie die meestal naast, maar soms op of gecombineerd met een stuw wordt geplaatst. Technische vispassages vragen weinig ruimte, hebben de beste mogelijkheden om het peil te blijven reguleren, maar bieden vrijwel geen extra habitat.

Vispassages kunnen in de hoofdloop worden aangelegd – waarmee ze de voormalige barrière vervangen – of als bypass om de stuw heen. In het eerste geval gaat de volledige afvoer door de vispassage; in het laatste geval stroomt een deel van de afvoer door de vispassage en een deel door de hoofdloop.

Een belangrijk criterium bij de keuze voor een type vispassage is de beschikbare afvoer (het ontwerpdebiet). Voor de werking van sommige vispassages is namelijk een relatief grote afvoer nodig, terwijl andere vispassages weinig water vragen. Daarnaast spelen tal van andere ontwerppeisen en afwegingen een rol, zoals het ruimtebeslag, de gevoeligheid voor peilverschillen en de noodzaak tot peilregulatie. Tabel 8.1 geeft een overzicht van minimale ontwerpdebieten en enkele andere belangrijke kenmerken.

Afgezien van bovengenoemde criteria kunnen de landschappelijke inpasbaarheid en de belevingswaarde een rol spelen in de keuze voor een type vispassage. De belevingswaarde van natuurlijke en semi-natuurlijke vispassages is over het algemeen hoger dan van technische vispassages. Natuurlijke en semi-natuurlijke vispassages passen landschappelijk beter bij natuurlijke beeksystemen; technische vispassages zijn over het algemeen juist meer op hun plaats in polderlandschappen.

Soms kunnen er in een bepaalde situatie verschillende typen vispassages worden toegepast. In dat geval kunnen overwegingen als zichtbaarheid, onderhoud of ervaringen de doorslag geven.

Tabel 8.1 | Overzicht van de in deze handreiking besproken vispassages, inclusief enkele kenmerken.

Type vispassage	Minimaal ontwerpdebiet	Kenmerken
Natuurlijke vispassages		
Traploze nevenbeek	> 100 l/s	<ul style="list-style-type: none"> • Draagt bij aan beekhabitat • Veel ruimte nodig • Weinig gevoelig voor peilverschillen
Semi-natuurlijke vispassages		
Bekkenvispassage	zonder slots: > 100-150 l/s met slots: > 250 l/s	<ul style="list-style-type: none"> • Draagt bij aan beekhabitat • Gevoelig voor peilverschillen (in hoofdloop: geen peilregulatie mogelijk; in nevenbeek: vast bovenstrooms peil wenselijk) • In nevenbeek: veel ruimte nodig; in hoofdloop: geen extra ruimte nodig
Hellingvispassage	> 50 l/s	<ul style="list-style-type: none"> • Draagt beperkt bij aan beekhabitat • Geen peilregulatie mogelijk • Vooral geschikt voor bovenlopen van beken • Geen extra ruimte nodig
Technische vispassages		
Vertical slot vispassage	> 150 l/s	<ul style="list-style-type: none"> • Peilregulatie blijft mogelijk; weinig gevoelig voor peilverschillen • Geschikt voor wateren met een redelijke tot grote afvoer • Weinig ruimte nodig
De Wit-vispassage	> 42 l/s	<ul style="list-style-type: none"> • Peilregulatie blijft mogelijk; ongevoelig voor peilverschillen • Geschikt voor wateren met geringe afvoer • Weinig ruimte nodig
Meyberg-vispassage	> 30 l/s	<ul style="list-style-type: none"> • Peilregulatie blijft mogelijk; ongevoelig voor peilverschillen • Ook geschikt als tijdelijke vispassage • Alleen voor stuwen met beperkt verval en bij geringe afvoer • Geen ruimte nodig
Hevelvispassage	> 10 l/s	<ul style="list-style-type: none"> • Peilregulatie blijft mogelijk; ongevoelig voor peilverschillen • Geschikt voor wateren met zeer geringe afvoer • Energievoorziening noodzakelijk • Geen tot weinig ruimte nodig

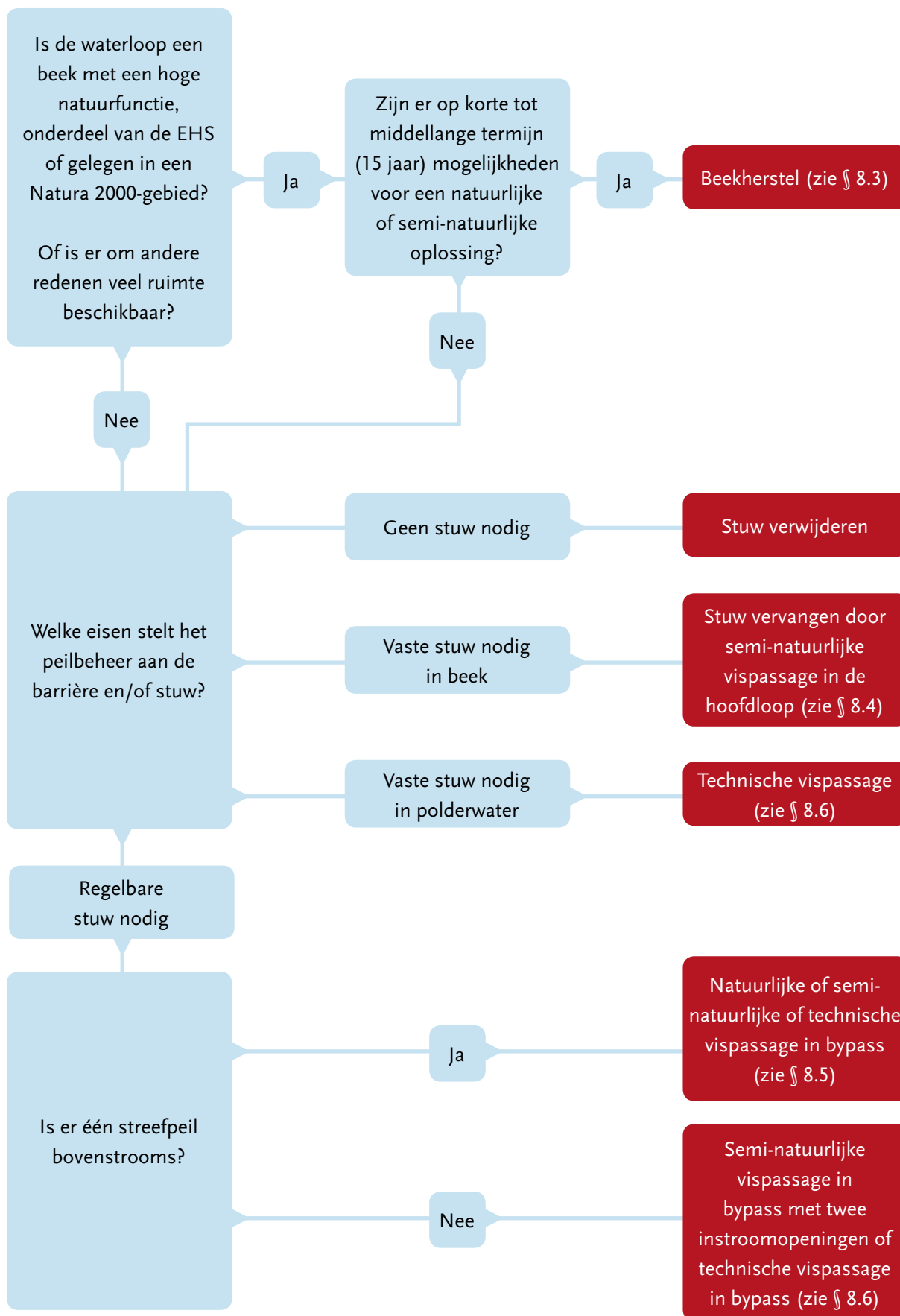
8.2 Keuzehulp

Voor de keuze van het type en voor het ontwerp van een vispassage bestaat geen blauwdruk en vaak kunnen verschillende keuzes worden gemaakt. De keuze voor en het ontwerp van een vispassage bestaan uit een iteratief zoekproces, waarin maatwerk voorop staat. In § 8.1 zijn daarvoor enkele belangrijke keuzecriteria genoemd, zoals het minimale ontwerpdebiet, de beschikbare ruimte, de noodzaak tot peilregulatie en de landschappelijke inpasbaarheid. De keuze van een type vispassage vraagt om een systematische, stapsgewijze en open aanpak, maatwerk dus. De keuzehulp in figuur 8.1 biedt hiervoor een handvat. De afweging om tot een bepaalde oplossing te komen kan per situatie verschillen. Hoewel een seminatuurlijke vispassage in een beekstelsysteem bijvoorbeeld vaak voor de hand ligt, laat kader 8.1 zien dat een technische oplossing soms een betere keuze kan zijn. In alle gevallen moet de keuze voor een oplossing plaatsvinden op basis van een zorgvuldige afweging, waarin alle lokale aspecten en betrokken belangen worden meegenomen. De keuzehulp helpt om tot een vispassage te komen. De keuzehulp verwijst vervolgens naar de paragraaf waar de hoofdkeuze nader wordt toegelicht.

Kader 8.1 | Kanttekeningen bij de keuze voor natuurlijke of semi-natuurlijke oplossingen.

In beken krijgen semi-natuurlijke bekkervispassages vaak de voorkeur boven technische vispassages, omdat een semi-natuurlijke vispassage bijdraagt aan het herstel van een natuurlijke beekhabitat. Toch zijn hierbij kanttekeningen te plaatsen. Om erosie tegen te gaan kan het namelijk nodig zijn de oevers van de semi-natuurlijke vispassage vast te leggen in stortsteen, eventueel gefixeerd in beton. Deze oeverbescherming beperkt de hydromorfologische en ecologische processen, en daarmee de natuurlijkheid van de gekozen oplossing (zie figuur 8.2). In dergelijke situaties kan een andere aanpak leiden tot meer winst. Dit geldt bijvoorbeeld als een deel van het beekdal ruimte biedt voor hydromorfologische processen, maar onvoldoende lengte bezit om het volledige verval over de barrière op te vangen. In dat geval kan overwogen worden het verval deels met meandering c.q. beekherstel op te vangen, en deels met een technische vispassage. Desgewenst kan de technische oplossing een tijdelijk karakter krijgen, in afwachting van mogelijkheden om het beekherstel uit te breiden.

Andersom kan bewust gekozen worden geen tijdelijke technische oplossing te realiseren, maar te wachten op mogelijkheden om de barrières op een natuurlijke manier op te lossen. Een dergelijke aanpak is bijvoorbeeld gekozen in de Boven Mark ten zuiden van Breda. Zowel de beek als het beekdal heeft een natuurfunctie, maar het beekdal wordt nog grotendeels gebruikt door de landbouw. Daardoor zijn de mogelijkheden voor beekherstel op de kortere termijn beperkt. In overleg met lokale natuurverenigingen besloot waterschap Brabantse Delta daarom de voorkeur te geven aan herstel van vismigratie en beekhabitat door oude meanders uit te graven en aan te takken op de hoofdloop. Hiermee krijgt een natuurlijke oplossing op lange termijn de voorkeur boven de aanleg van (tijdelijke) technische vispassages op korte termijn.



Figuur 8.1 | Keuzehulp.



Figuur 8.2 | In 2011 is in de Kleine Aa bij Boxtel door waterschap De Dommel in een beekherstelproject een bekkervispassage aangelegd. Door de lokale onstabiele grondslag bleek het noodzakelijk de oevers over grote lengte met stortsteen te verstevigen. De gewenste morfologische processen zullen daardoor maar beperkt optreden.

Foto: waterschap De Dommel

8.3 Beekherstel

In beken met een hoge natuurfunctie kan de aanpak van een migratiebarrière het beste gecombineerd worden met beekherstelmaatregelen. Mogelijk kan de barrière opgeheven worden door hermeandering van de beek of door de aanleg van een traploze nevenbeek. Naast het herstel van vismigratie dragen dergelijke oplossingen ook bij aan de realisatie van meer natuurlijk beekhabitat en aan het herstel van hydromorfologische processen. Als de beschikbare ruimte te beperkt is voor een traploze nevenbeek, kan overwogen worden om als alternatief een bekkervispassage in een nevenbeek aan te leggen. Ook deze oplossing draagt bij aan de realisatie van habitat voor stromingsminnende soorten.

Technische oplossingen komen in aanmerking als er op de langere termijn – meer dan vijftien jaar - geen mogelijkheden zijn voor beekherstel. Ook als het opheffen van de barrière essentieel is voor de vismigratie in een groter beekstelsel, bijvoorbeeld omdat het de laatste benedenstroomse barrière betreft, kan na zorgvuldige afweging gekozen worden voor een technische (eventueel tijdelijke) oplossing.

8.4 Stuw vervangen door vispassage in de hoofdloop

Als een stuw alleen nodig is voor de opstuwing tot een vast (bovenstrooms) peil en er geen behoefte is om waterstanden verder te reguleren, kan de stuw vervangen worden door een semi-natuurlijke vispassage in de hoofdloop. Bij grotere afvoeren kan gekozen worden voor een bekkervispassage; bij geringere afvoeren voor een hellingvispassage. Vooral in beken heeft een semi-natuurlijke vispassage de voorkeur, omdat daarmee tevens extra habitat voor stromingsminnende soorten wordt gerealiseerd.

8.5 Vispassage in bypass

In beken waar een regelbare stuw nodig blijft (bijvoorbeeld om plat te leggen bij hoge afvoeren) en er één bovenstrooms streefpeil is, krijgt een traploze nevenbeek de voorkeur.

Vaak blijkt de beschikbare ruimte daarvoor echter te beperkt. Dan kan de nevenbeek worden voorzien van drempels, zodat een bekkenpassage ontstaat. In de hoofdloop blijft de stuw gehandhaafd.

Alleen als er onvoldoende ruimte is om een natuurlijke of semi-natuurlijke bypass aan te leggen of als de afvoer daar te klein voor is, valt de keuze in beken op een technische oplossing. In polderwateren ligt de keuze voor een technische oplossing vaker voor de hand (zie verder § 8.6).

8.6 Vispassage met twee instroomopeningen of technische oplossing

Stuwen kennen vaak instellingen voor zomer- en winterpeil en soms ook voor overgangspeilen. In dergelijke situaties is het lastiger om een vispassage in de vorm van een natuurlijke of semi-natuurlijke bypass te ontwerpen. Als de vispassage namelijk ontworpen wordt op het lagere winterpeil, loopt het water in de zomer door de vispassage weg en is het hogere zomerpeil niet te handhaven. Als de vispassage echter ontworpen wordt op het hogere zomerpeil, stroomt het (meeste) water in de winter juist weg over de lagere stuw, waardoor de vispassage dan niet (goed) functioneert.

Om het probleem met verschillende peilen in beken te ondervangen zijn er drie oplossingsrichtingen:

1. één streefpeil bovenstrooms;
2. een nevenbeek met twee instroomopeningen;
3. een technische oplossing.

Voor beken is bovenstaande opsomming ook de voorkeursvolgorde; één bovenstrooms streefpeil is de meest natuurlijke oplossing; een technische vispassage is de minst natuurlijke oplossing. Toch ontkomen we er niet aan om soms ook in beken technische vispassages aan te leggen.

1. Eén streefpeil bovenstrooms

Sinds de normalisatie van beken wordt er vaak een verschillend zomer- en winterpeil gehanteerd, terwijl dit niet altijd strikt noodzakelijk is voor de functies in een gebied. Daarom dient eerst onderzocht te worden of verschillende bovenstroomse streefpeilen echt nodig zijn. Als het mogelijk is om één bovenstrooms peil in te stellen, kan voor een natuurlijke of semi-natuurlijke vispassage worden gekozen (zie § 8.4 en § 8.5).

Met benedenstroomse peilverschillen kan in een ontwerp overigens eenvoudig rekening worden gehouden; in het benedenstroomse deel van een nevenbeek stijgt het waterpeil bij het hogere (zomer)peil. Bij een bekkervispassage 'verdrinken' in dat geval de onderste drempel(s).

2. Een vispassage met twee instroomopeningen

Om rekening te houden met bovenstroomse peilverschillen kunnen er twee instroomopeningen voor de vispassage ontworpen worden; een opening voor het lage

winterpeil en een opening voor het hoge zomerpeil. De 'zomeropening' kan zodanig ontworpen worden dat er bij het lagere winterpeil geen water overheen stroomt (het laagste punt van de meest bovenstroomse drempel moet dan hoger liggen dan het winterpeil; zie figuur 8.3). Als er voor de 'zomeropening' een technische vispassage wordt gekozen – omdat er bijvoorbeeld te weinig ruimte is voor een semi-natuurlijke oplossing – moet deze in de winter dichtgezet kunnen worden. De 'winteropening' moet altijd dicht gezet kunnen worden, omdat het anders niet mogelijk is om met de stuw het hogere zomerpeil te handhaven.

Als er meer dan twee peilen nodig zijn - dus bijvoorbeeld ook overgangspeilen - voldoet een vispassage met twee instroomopeningen niet. Net als in situatie waar maar beperkte ruimte en/of een beperkte afvoer is, kan dan het beste gekozen worden voor een technische oplossing.

3. Technische oplossingen

Technische oplossingen zijn minder gevoelig voor veranderingen in peilen, zolang het totale peilverschil (en daarmee de peilsprong per kamer) maar niet te groot wordt. Daarmee zijn technische vispassages zeer geschikt voor stuwen met verschillende peilinstellingen.



Figuur 8.3 | Dubbele instroomopening in de bekkervispassage 't Ham in De Aa; links de afsluitbare 'winteropening' en rechts de 'zomeropening'.

Foto: waterschap Aa en Maas

deel 3

Typen vispassages

In dit deel worden zeven typen vispassages behandeld en aansluitend wordt kort ingegaan op enkele nieuwe typen vispassages. Bij de behandeling van de zeven typen vispassages komen de kenmerken en aandachtspunten in tien opeenvolgende paragrafen aan bod:

1. Functionele eisen vanuit vissen
2. Randvoorwaarden vanuit (water)beheer
3. Kenmerken
4. Hydraulische berekeningen
5. Materialen
6. Beheer en onderhoud
7. Arbowet
8. Kosten
9. Praktische punten tijdens uitvoering
10. Ervaringen in Noord-Brabant

9

Traploze nevenbeek



Vuistregels

Stroomsnelheid

Gemiddeld 0,3 tot 0,5 m/s.

Peilsprong

N.v.t.

Waterdiepte

50 cm

Rustgelegenheid

Lokaal de nevenbeek verbreden of verdiepen.

Energiedemping

N.v.t.

Lokstroom - omvang

Minimaal 10% van de totale afvoer.

Lokstroom - richting

Haaks op de stromingsrichting van de waterloop.

Lokstroom - locatie

Ter hoogte van de migratielinielij.

Afvoer

Minimaal 100 l/s.

Peilregulatie

De stuw blijft gehandhaafd.

De bodemhoogte van de nevenbeek ter hoogte van instroomopening - eventueel gecombineerd met een afsluiter - bepaalt het minimale bovenstroomse peil.

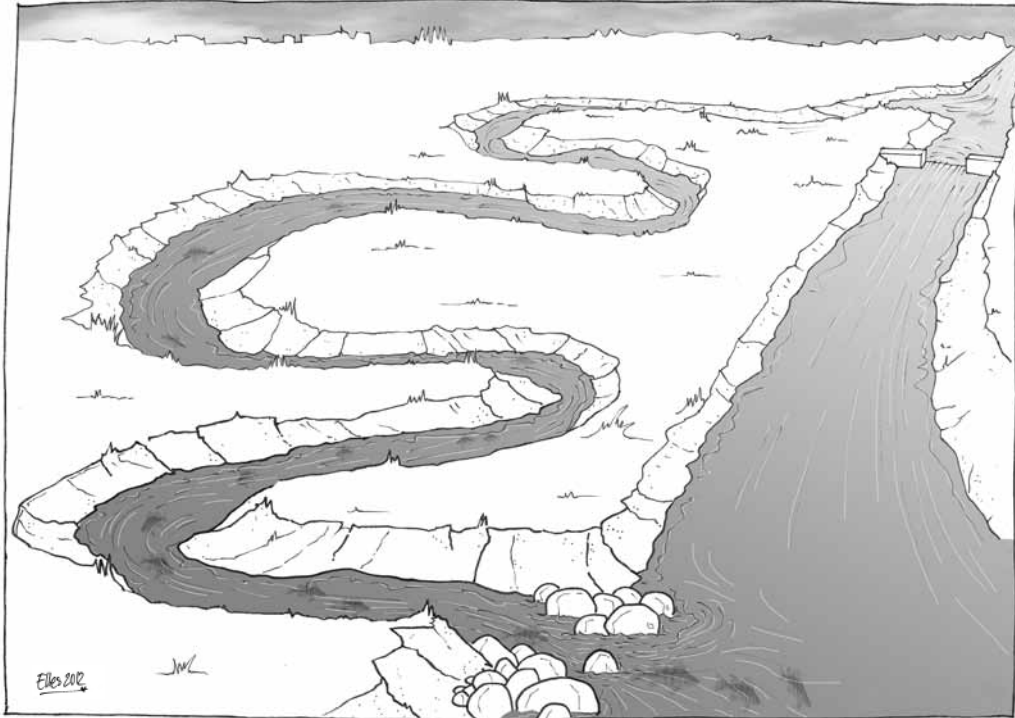
Voordelen

- Natuurlijke vorm van een vispassage, geschikt voor een breed scala vissen én macrofauna.
- Landschappelijk zeer goed inpasbaar.
- Door de aanzienlijke lengte en meandering wordt een groot areaal extra beekhabitat gerealiseerd.
- Geen of weinig gebiedsvreemd materiaal (beton en/of stortsteen) nodig voor aanleg.
- Peilbeheer is bij een traploze nevenbeek nog (beperkt) mogelijk.

Nadelen

- Groot ruimtebeslag, grondaankoop is (vaak) noodzakelijk.
 - Bij lange nevenbeken kunnen in- en uitstroomopening meestal niet beiden optimaal ten opzichte van de stuw geplaatst worden.
 - Bij lage debieten worden de minimale eisen aan waterdiepte en stroomsnelheid zelden gehaald en zal de nevenbeek niet (goed) functioneren.
 - De weerstand door begroeiing heeft veel invloed op het functioneren van een nevenbeek: sturing door beheer is slechts gedeeltelijk mogelijk.
 - Een nevengeul werkt drainerend op de directe omgeving.
-

9 Traploze nevenbeek



Een traploze nevenbeek is een natuurlijke beek die als vispassage wordt aangelegd naast een (gekanaliseerde) hoofdwaterloop. De traploze nevenbeek fungeert als meanderende bypass voor de barrière in de hoofdwaterloop. Door de grote lengte van de nevenbeek, het lagere bodemverhang en het meanderende karakter kan het peilverschil zonder drempels of andere technische maatregelen worden overbrugd. Vaak loopt een nevenbeek over grote lengte langs de hoofdwaterloop. Een traploze nevenbeek is een goede optie als er onvoldoende ruimte is voor volledig beekherstel, maar voldoende voor deze natuurlijke oplossing. Ook is een nevenbeek een goede oplossing in situaties waarbij de mogelijkheid tot peilregulatie nodig blijft.

Hoofdlijnen

Bij een traploze nevenbeek wordt een smalle, meanderende beek naast de hoofdbeek gegraven. De nevenbeek fungeert als passeerbare bypass voor de barrière in de hoofdwaterloop. De nevenbeek bevat geen kunstmatige constructies zoals drempels of stortstenen – vandaar de naam traploze nevenbeek.

In de praktijk worden maar weinig volledige traploze nevenbeken aangelegd. In veel gevallen is er namelijk niet genoeg ruimte om de nevenbeek zo lang te maken dat het totale verval over de stuw op een natuurlijke manier overbrugd kan worden. Als er te weinig ruimte is moeten in het ontwerp één of enkele drempels worden opgenomen, zoals v-vormige drempels met stortstenen. Ook kan bij ruimtegebrek gekozen worden voor een combinatie met een technische vispassage. In dit hoofdstuk worden de uitgangspunten en vuistregels behandeld voor het ontwerp van geheel traploze nevenbeken. Voor passages waarin drempels, extra stoorstenen en/of kunstmatige obstakels nodig zijn, verwijzen we naar hoofdstuk 10 (bekkervispassages).

9.1 Functionele eisen vanuit vissen

Stroomsnelheid

Door het natuurlijke en meanderende karakter van de traploze nevenbeek, met binnen- en buitenbochten, is er binnen het profiel veel variatie in stroomsnelheid. Hierdoor is het ontwerp van een traploze nevenbeek snel geschikt voor alle doelsoorten. Door het aanbrengen van extra structuren – zoals dood hout – worden rustige zones gecreëerd voor minder goede zwemmers. Daardoor is de passage nog beter passeerbaar. Om een goed passeerbare vispassage te realiseren moet in het ontwerp van een traploze nevenbeek – afhankelijk van de bodemopbouw, zie § 9.2 – uitgegaan worden van een gemiddelde stroomsnelheid in het doorstroomprofiel van 0,3 tot 0,5 m/s.

Peilsprong

In een volledig traploze nevenbeek zijn geen peilsprongen, maar wordt het verval over de stuw door de meanders in de nevenbeek gelijkmatig overbrugd.

Doorzwemhoogte- en breedte

De waterdiepte van de traploze nevenbeek moet bij de ontwerpafvoer minimaal 50 cm bedragen, tenzij de beek zelf minder diep is. Variatie in bovenstroomse peilen leiden tot wisselende waterdieptes in de nevenbeek. Door uit te gaan van het voorjaarspeil is het functioneren van de traploze nevenbeek als vispassage in die belangrijke periode gewaarborgd.

Turbulentie en energiedemping

Aangezien er geen abrupte peilsprongen in een traploze nevenbeek voorkomen, zijn turbulentie en energiedemping niet aan de orde.

Rustgelegenheid

Er kan voor gekozen worden de nevenbeek hier en daar iets breder te maken dan strikt noodzakelijk. Zo ontstaan er plekken waar de stroomsnelheid lager is en vissen op krachten

kunnen komen. Dat kan vooral nodig zijn in lange nevenbeken of als de gemiddelde stroomsnelheid aan de hoge kant is (tegen de 0,5 m/s). Zo kan de passeerbaarheid voor minder sterke zwemmers verbeterd worden. Doordat een dergelijke verbreding ten koste gaat van het verhang – lokaal is er immers minder opstuwning – moet de nevenbeek langer worden.

Daarnaast kunnen op enkele plekken diepere delen aangebracht worden waar grotere vissen (die permanent in de nevenbeek zitten) zich bij lage afvoeren terug kunnen trekken.

Lokstroom

Om een voldoende sterke lokstroom in stand te houden moet een traploze nevenbeek in de migratieperiode minimaal 10% van het totale debiet van de hoofdloop ontvangen. Bij voorkeur gaat echter een groter aandeel van het debiet door de nevenbeek. De ecologische waarde van de nevenbeek is namelijk hoger dan van de hoofdloop; bij grotere debieten door de nevenbeek wordt de nevenbeek aantrekkelijker voor vissen. Als de ruimte dat toelaat kan de hoofdloop zelfs tot 'hoogwatergeul' worden gereduceerd: bij normale afvoeren gaat het gehele debiet dan door de nevenbeek en alleen bij piekafvoeren gaat er water over de stuw. De lokstroom is dan het meest optimaal, want hij bedraagt 100%.

Uitstroomopening

In een ideale situatie komt de traploze nevenbeek net benedenstrooms van de migratielimietlijn weer in de hoofdloop (zie § 2.8). In de praktijk is dit vaak lastig te realiseren omdat een traploze nevenbeek veel lengte vraagt. Vaak wordt het te overbruggen verval verdeeld in een stuk bovenstrooms van de stuw en een stuk benedenstrooms van de stuw. Uit monitoring van niet optimaal functionerende nevenbeken blijkt dat de vindbaarheid van uitstroomopeningen die ver van de migratielimietlijn liggen, inderdaad een belangrijk knelpunt te zijn.⁽⁶²⁾ Om migrerende vissen toch naar de nevenbeek te leiden kunnen aanvullende maatregelen getroffen worden, zoals het strategisch plaatsen van enkele stenen of andere obstakels op de bodem in de hoofdloop, net bovenstrooms van de uitstroomopening.

Instroomopening

De locatie van de instroomopening ten opzichte van de stuw heeft geen invloed op stroomopwaartse migratie, mits deze niet te dicht bij de stuw geplaatst is, waardoor vissen weer terug kunnen spoelen over de stuw. Het is wel van belang te zorgen voor een goede aansluiting van de bodem van de hoofdloop op de (hoger liggende) bodem van de traploze nevenbeek. Het talud van de aansluiting mag maximaal 1:1 bedragen (bij voorkeur minder steil) om stroomafwaartse migratie van bodemvissen mogelijk te maken.

Stroomafwaartse migratie

Als een groot deel van het beschikbare debiet door de nevenbeek stroomt, zal stroomafwaartse migratie zonder problemen verlopen. De vissen hoeven immers alleen de stroming te volgen.

Als er relatief veel water over de stuw gaat, zal de instroomopening moeilijker gevonden worden, zeker als deze ook nog eens honderden meters stroomopwaarts van de stuw ligt. Net als bij de uitstroomopening kunnen bij de instroomopening maatregelen getroffen worden om deze makkelijker vindbaar te maken voor stroomafwaarts migrerende vissen.

9.2 Randvoorwaarden vanuit (water)beheer

Afvoeren en peilen

De ontwerpaafvoer door een traploze nevenbeek moet minimaal 100 l/s bedragen. Bij lagere debieten is het lastig de benodigde opstuwing te bereiken om voldoende waterdiepte te genereren en het verval geleidelijk op te vangen, tenzij een nevenbeek met zeer beperkte profielafmetingen kan worden aangelegd. Dit kan alleen in kleine beken met relatief weinig afvoerfluctuaties, zodat de benodigde omvang van de lokstroom gewaarborgd kan worden. Na realisatie van een traploze nevenbeek is er nog enige mate van sturing in het watersysteem mogelijk: de stuw blijft immers staan. Daarmee kan worden voorkomen dat het water bij piekafvoeren extra wordt opgestuwd, waardoor inundaties ontstaan. In theorie wordt de maximale afvoercapaciteit van het gehele systeem door de aanleg van de nevenbeek juist zelfs vergroot.

De nevenbeek zal lokaal wel een drainerende werking hebben, waardoor effecten op het grondwater kunnen optreden. Tenzij de nevenbeek een bovenstroomse dichtzetconstructie krijgt, bepaalt de bodemhoogte van de nevenbeek bij het instroompunt het minimale bovenstrooms peil.

Om een traploze nevenbeek te kunnen aanleggen moet er voldoende grond worden aangekocht. Met grondwatermodellen kan worden doorgerekend of de nevenbeek buiten de aangekochte gronden een verdrogend of vernattend effect heeft. In veel gevallen zullen traploze nevenbeken echter in beekdalen met een natuurfunctie aangelegd worden, waardoor de kans op ongewenste effecten klein is.

Erosie en sedimentatie

In een traploze nevenbeek is enige mate van erosie en sedimentatie toegestaan en zelfs wenselijk. Er wordt immers getracht een zo natuurlijk mogelijk beekstelsel aan te leggen, met bijbehorende hydromorfologische processen. Er moet echter voorkomen worden dat de bodemhoogte (en -breedte) bij de instroomopening verandert (zie verder § 9.9), aangezien de debietverdeling tussen hoofdloop en nevenbeek daardoor bepaald wordt. Ook is het niet wenselijk dat bochten volledig worden afgesneden. Hierdoor zou de nevenbeek namelijk korter worden, waardoor het verhang en daarmee ook de stroomsnelheid zou toenemen.

Een gemiddelde stroomsnelheid van 0,5 m/s leidt in nevenbeken met een relatief vaste zandige bodem (met een leemfractie) niet tot problematische erosie. Als het bodemmateriaal bestaat uit zeer losse (grove) zanden, dient de nevenbeek zo ontworpen te worden dat de stroomsnelheid in het profiel maximaal 0,3 m/s bedraagt.

Peilregulatie

In een traploze nevenbeek kunnen beperkte verschillen in het bovenstroomse peil goed opgevangen worden. Als er in het bovenstroomse stuwpand een apart zomer- en winterpeil is, moet daar in het ontwerp expliciet rekening mee gehouden worden. In dat geval moeten namelijk twee verschillende instroomopeningen aangelegd worden. De instroomopening voor het lagere winterpeil moet afsluitbaar zijn, zodat in de zomer het water door de 'winteropening' niet wegstroomt en de 'zomeropening' bij het hogere peil goed functioneert. In dat geval zal een technische vispassage voor dat extra peilverschil soelaas moeten bieden (zie figuur 9.1).

Als er gezien gemeten of berekende afvoerreksen een risico bestaat op ongewenst uitzakken van het bovenstreams peil bij extreem lage afvoersituaties na aanleg van de nevenbeek, kan er voor worden gekozen een knijpconstructie te plaatsen ter hoogte van de instroomopening (zie figuur 9.2). Volledig afsluiten van de nevenbeek moet vanwege ecologische redenen voorkomen worden.



Figuur 9.1 | De traploze nevenbeek bij stuw Westerhoven in de Keersop heeft twee instroomopeningen. Eén voor grote afvoeren met een duiker onder de weg door en één via een De Wit-vispassage om het extra peilverschil tussen zomer- en winterpeil op te vangen. De uitstroomopening hiervan ligt onder de overhangende vegetatie van de tegenoverliggende oever.

Foto: waterschap De Dommel



Figuur 9.2 | Met schotbalken afsluitbare inlaat van een traploze nevenbeek in de Reusel bij Diessen.

Foto: waterschap De Dommel

9.3 Kenmerken

Traploze nevenbeken in Noord-Brabant worden zo ontworpen dat de gemiddelde stroomsnelheid niet groter is dan 0,5 m/s. Hierdoor zijn deze passages goed passeerbaar voor alle vissoorten en macrofauna, en vindt er geen (ongewenste) erosie plaats.

Bepaling van lengte en profiel aan de hand van ontwerpdebiet

Het vertrekpunt voor het ontwerp van een traploze nevenbeek is het debiet dat verwerkt moet kunnen worden om tijdens de migratieperiode een voldoende grote lokstroom te krijgen. In combinatie met het te overbruggen peilverschil en de maximaal toelaatbare

stroomsnelheid (zie § 9.2) kan de ideale lengte en het ideale profiel (iteratief) bepaald worden (zie voor berekeningen verder § 9.4). Om de vindbaarheid van de in- en uitstroomopening te verbeteren kan het debiet door de nevenbeek zo groot mogelijk gemaakt worden (zie rekenvoorbeeld kader 9.1). Ook is het mogelijk om technische maatregelen in de hoofdloop aan te brengen (zie § 9.1).

Kader 9.1 | Debietverdeling tussen hoofdstroom en traploze nevenbeek in de Keersop bij Westerhoven.

Doordat er relatief veel ruimte beschikbaar was kon de traploze nevenbeek in de Keersop bij Westerhoven zodanig ontworpen worden dat onder alle afvoersituaties de debietverhouding (en lokstroom) optimaal is (zie tabel 9.1). Dat was ook noodzakelijk, omdat de uitstroomopening enkele honderden meters benedenstrooms van de stuw ligt. Door de optimale debietverdeling en grote lokstroom is de vispassage goed vindbaar voor stroomopwaarts migrerende vissen.

Tabel 9.1 | Debietverdeling tussen de hoofd- en nevenbeek in de Keersop bij Westerhoven voor verschillende afvoersituaties.

<i>Afvoersituatie</i>	<i>Nevenbeek</i>	<i>Hoofdbeek</i>	<i>Verhouding</i>
Minimaal (80 l/s)	80 l/s		100:0
Q5% (140 l/s)	140 l/s		100:0
Zomergemiddelde (250 l/s)	250 l/s		100:0
Q20% (=wintergemiddelde 560 l/s)	250 l/s	310 l/s	45:55
Q100%	680 l/s	2120 l/s	24:76
Q140%	900 l/s	3000 l/s	23:77

9.4 Hydraulische berekeningen

In de meeste gevallen wordt de traploze nevenbeek in het rekenprogramma Sobek-CF gemodelleerd, vooral om beter inzicht te krijgen in de effecten op de omgeving. Vooraf kan de formule van Manning worden gebruikt om te toetsen of een traploze nevenbeek haalbaar is, wat de dimensies ongeveer moeten bedragen, of dat toch overwogen moet worden een ander type vispassage te kiezen. Kader 9.2 geeft hiervan een rekenvoorbeeld.

De formule van Manning voor stroming in open waterlopen is als volgt:

$$Q = k_M \cdot AR^{2/3} \cdot S^{1/2}$$

waarin:

- Q Afvoer (m³/s)
- k_M Manningwaarde (m^{1/3}/s) (waarde 15 voor dichtbegroeide waterlopen)
- A Natte oppervlak (m²)
- R Hydraulische straal (m)
- S Verhang waterlijn (-)

Kader 9.2 | Rekenvoorbeeld ontwerp profiel traploze nevenbeek.

Voor een hoofdwaterloop met een stuw moet een nevenbeek worden aangelegd, waarmee een verval van 1,5 m moet worden overbrugd. Hiervoor is een perceel beschikbaar waarin een traploze nevenbeek kan worden aangelegd met een maximale lengte van 750 m. Het toelaatbare verhang is dan 2 m/km (= 1,5 m / 0,75 km). Op basis van de afvoer in de hoofdbeek en de gewenste lokstroom wordt het ontwerpdebiet in dit voorbeeld vastgesteld op 0,5 m³/s. Uitgegaan wordt van een zwak lemige, fijne zandgrond waarbij een stroomsnelheid van 0,5 m/s acceptabel wordt geacht. De nevengeul wordt zodanig onderhouden dat het een matig tot licht begroeide waterloop betreft met een Manningwaarde van 20 m^{1/3}/s. De waterdiepte is 0,70 m. De enige onbekende is nu nog het dwarsprofiel op basis waarvan (samen met de waterdiepte) het natte oppervlak en de hydraulische straal kan worden afgeleid. In enkele iteratieve stappen kan worden bekeken welke dimensionering het beste bij de situatie past. In ons geval wordt met een bodembreedte van 0,80 m en een talud van 1:1 voldaan aan de randvoorwaarden. Als we uitgaan van een drooglegging van ten minste 0,4 m, moet de bodem van de traploze nevenbeek op 1,20 m diepte worden aangelegd. Een hulpmiddel om snel enkele iteraties uit te voeren is te vinden op www.aquacalc.nl.

9.5 Materialen

In principe is er geen (gebiedsvreemd) materiaal nodig om een traploze nevenbeek aan te leggen: uitgraven van het ontworpen profiel is voldoende. Mocht het vanuit waterbeheertechisch oogpunt noodzakelijk zijn om stortstenen te gebruiken voor oeververdediging, bijvoorbeeld bij de aantakkingen op de hoofdloop, dan moet dit zo spaarzaam mogelijk gebeuren om geen afbreuk te doen aan het natuurlijke karakter van de nevenbeek.

9.6 Beheer en onderhoud

Omdat de nevenbeek geen primaire waterafvoerende functie heeft – daarvoor is de hoofdloop immers bedoeld – kan het onderhoud volledig op het functioneren als vispassage worden afgestemd. Hierbij moet in de ontwerpfase worden gestreefd naar zo extensief mogelijk onderhoud. Als er voldoende bomen op de oever van de nevenbeek staan is onderhoud zelfs helemaal niet meer nodig. De schaduwwerking voorkomt dat er te veel vegetatie tot ontwikkeling komt.

Desondanks is de werking van dit type vispassages wel sterk afhankelijk van het onderhoud. Zo is het minder optimaal functioneren van de nevenbeek in de Keersop bij Westerhoven deels toe te schrijven aan het vrij intensieve onderhoud.⁽³³⁾ Door intensief en geregeld te maaien is er minder opstuwning door vegetatie, waardoor vooral in het bovenstroomse deel van de nevenbeek relatief lage peilen en (te) hoge stroomsnelheden ontstaan.

Als in het ontwerp van een traploze nevenbeek kuilen of bredere delen als rustgelegenheid opgenomen zijn moeten deze geregeld gecontroleerd worden op overmatige aanzanding. Als er na verloop van tijd inderdaad te veel sediment is afgezet moet dit verwijderd worden.

9.7 Arboret

Voor veilige bediening en onderhoud van een traploze nevenbeek dient rekening gehouden te worden met de volgende aandachtspunten:

- Als er een dichtzetconstructie geplaatst wordt in de instroomopening van de traploze nevenbeek moet deze veilig bereikbaar en bedienbaar zijn. Bij handmatige bediening moet een functioneel hekwerk geplaatst worden. De voorkeur gaat uit naar een schuif die van bovenaf bediend kan worden. Het plaatsen van balken in sponningen als dichtzetconstructie is minder veilig en te arbeidsintensief.
- Handmatig onderhoud zal eventueel vanuit de nevenbeek zelf uitgevoerd moeten worden. In dat geval moet minimaal met twee mensen tegelijk gewerkt worden.

9.8 Kosten

De investeringskosten voor een traploze nevenbeek worden grotendeels bepaald door de benodigde grond. Aanleg van kunstwerken is immers niet nodig. Vaak kan grondaankoop worden gecombineerd met andere functies en maatregelen, zoals de inrichting van een Ecologische Verbindingszone (EVZ), of met beekherstel. Daardoor komen de kosten niet alleen voor rekening van het oplossen van de vismigratiebarrière. Er zijn zodoende geen aparte kengetallen voor de investeringskosten voor dit type vispassage.

Afhankelijk van de grootte van het profiel en mate van beschaduwning vergt een traploze nevenbeek meer of minder (regulier) maaionderhoud. De standaard onderhoudskosten per km beektraject worden bij waterschap De Dommel op € 1.750 per jaar geschat. Dit bedrag kan als maximum gehanteerd worden voor traploze nevenbeken, omdat het onderhoud extensief is; onderhoud is alleen nodig om het functioneren van de nevenbeek als vispassage te garanderen.

9.9 Praktische punten tijdens uitvoering

Net als bij volledig beekherstel is het belangrijk is om het profiel van een nevenbeek niet over te dimensioneren. Er is dan te weinig opstuwing om het verval over de stuw geleidelijk op te vangen.

De grootte en bodemhoogte van de traploze nevenbeek ter hoogte van de instroomopening bepaalt uiteindelijk het debiet en daarmee ook het functioneren van de vispassage. Om te voorkomen dat hierin door erosie veranderingen optreden – waardoor bijvoorbeeld de stroomsnelheid te hoog wordt - moet de instroomopening voldoende gefixeerd worden. Dit kan onder andere met stortsteen of grasbetontegels.

De hydraulische weerstand van de nevenbeek wordt grotendeels bepaald door de mate van begroeiing en het verhang in de nevenbeek. Nadat de nevenbeek is aangelegd kan de hydraulische weerstand met aanpassingen in het maaibeheer nog enigszins worden bijgesteld. Maar omdat die mogelijkheden beperkt zijn is het van groot belang om in de ontwerpfase al een realistisch beeld te ontwikkelen van de te verwachten begroeiing in relatie tot het geplande beheer, de nutriëntenbelasting, de beschaduwing en andere lokale condities. Relatief kleine nevenbeken (in boven- en middenlopen) kunnen soms volledig in de schaduw gezet worden. Dit beperkt de begroeiing met waterplanten, maar vergt mogelijk wel af en toe handmatig onderhoud.

9.10 Ervaringen in Noord-Brabant

Hoewel de traploze nevenbeek de meest natuurlijke vispassage is, hebben de Brabantse waterschappen hier in de praktijk nog weinig ervaring mee. Dat komt doordat er vaak te weinig ruimte is om een traploze nevenbeek aan te leggen. Als die ruimte er wel is, kan vaak ook gekozen worden voor volledig beekherstel, waarbij de stuw volledig komt te vervallen. Tabel 9.2 geeft een overzicht van aangelegde traploze nevenbeken in Noord-Brabant.

In 2004 is in de Keersop bij de stuw bij Westerhoven een traploze nevenbeek aangelegd. Er is een tweede instroomopening met een De Wit-vispassage opgenomen om het extra peilverschil van 30 cm in de zomer te overbruggen. In een groot deel van de nevenbeek wordt niet voldaan aan de minimumdiepte van 50 cm; de waterdiepte is op veel trajecten maar 20 cm. Dit is echter een bewuste keuze geweest. Het was daardoor namelijk mogelijk extra paaihabitat (ondiep, snelstromend water) te genereren voor de lokaal voorkomende beekprik.

Hoewel de nevenbeek dus niet aan een belangrijk ontwerpcriterium voldeed, bleek de passage tijdens een monitoringsonderzoek uit 2005 toch passeerbaar te zijn.⁽²⁸⁾

Uit de fuikvangsten bleek dat dertien vissoorten de passage konden passeren, waaronder doelvissoorten zoals biermpje, riviergrondel, kopvoorn en serpeling. Tijdens een vervolgonderzoek in 2011⁽³³⁾ werden slechts 22 vissen aangetroffen van 6 verschillende vissoorten. De huidige verdeling van het water over nevenbeek en hoofdstroom bleek niet optimaal te zijn en de nevenbeek is in het benedenstroomse deel mogelijk te breed, waardoor de opstuwing te gering is.

Tabel 9.2 | Overzicht van in Noord-Brabant aangelegde traploze nevenbeken.

<i>Waterschap</i>	<i>Locatie</i>	<i>Aanleg</i>	<i>Monitoring</i>	<i>Ontwerpkeuze(s)</i>
De Dommel	Keersop Westerhoven	2004	2005 en 2011	<ul style="list-style-type: none"> • Lengte hoofd-/nevenbeek 350/500 m • Overbrugd peilverschil 110 cm • Nevenbeek slechts 20 cm diep i.v.m. paaihabitat Beekprik • Gecombineerd met De Witvispassage voor gedifferentieerd winter- en zomerpeil bovenstrooms.
De Dommel	Dommel/ Trompetter- loop Genne- permolen	1999	Nee	<ul style="list-style-type: none"> • Lengte hoofd-/nevenbeek 425/500 m
De Dommel	Reusel Turkaa	1995	Nee	<ul style="list-style-type: none"> • Lengte hoofd-/nevenbeek 700/1500 m • Overbrugd peilverschil 100 cm • Gebruik gemaakt van bestaande meanders • Afsluiter bij instroomopening.

10

Bekkenvispassage



Vuistregels

Stroomsnelheid

Maximaal 1 m/s over een lengte van hooguit 1 m.

Peilsprong

Maximaal 8 cm per drempel.

Energievernietiging

Maximaal 100 W/m³.

Drempels - vorm

V-vormig met helling haaks 1:7 tot 1:5 of nog steiler in beken met lagere afvoeren.

Drempels - stenen

Plaatsing van één tot drie rijen verspringende stenen voor 1/3 in beton gezet.

Drempels - vertical slot

Per drempel kunnen één of twee vertical slots opgenomen worden.

Afmetingen doorzwemopeningen

Minimaal 20 cm ruimte tussen de stortstenen op de drempel en breedte van slots minimaal 20 cm.

Lokstroom - debiet

Minimaal 10% van de hoofdstroom.

Lokstroom - richting

Haaks op de stromingsrichting van de waterloop.

Lokstroom - locatie

Ter hoogte van de migratielinielij.

Bekkens - afmetingen

Minimaal 10 meter lang, lengte altijd groter dan breedte.

Bekkens - diepte

Minimaal 50 cm en bij voorkeur 75 cm.

Rustbekkens

Per 8 tot 10 bekkens een langer rustbekken.

Afvoerbereik

> 150 l/s voor het basisontwerp, > 100 l/s voor drempelhelling van 1:5 (of steiler) en > 250 l/s voor drempels met vertical slot.

Peilregulatie

In de hoofdloop én bij volledig verwijderen van de stuw is geen actieve sturing meer mogelijk; in een bypass bepaalt de stuwinstelling sterk het functioneren van de vispassage.

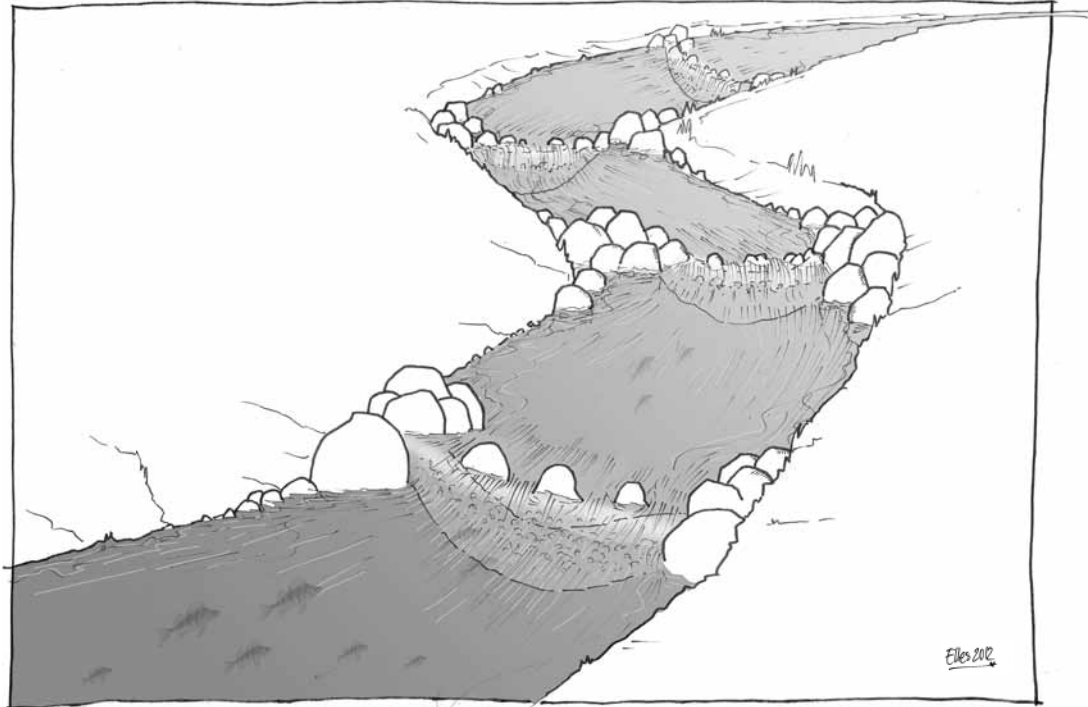
Voordelen

- Effectief: bij uiteenlopende afvoersituaties is er altijd wel een passeerbare zone.
- Dimensies gemakkelijk op te schalen voor optimalisatie lokstroom.
- Landschappelijk goed inpasbaar; als 'mooi' ervaren.
- Draagt bij aan herstel van beekhabitat.
- Kleine aanleg- en ontwerpfouten zijn door bijplaatsen van stenen naderhand nog te corrigeren.

Nadelen

- Complexe ontwerpprocessen en een afwijking van slechts enkele cm kunnen de werking al negatief beïnvloeden.
 - In bypass een relatief groot ruimtebeslag, grond(aankoop) noodzakelijk.
 - De mogelijkheid tot actieve sturing van het peil verval, zeker als de bekkervispassage in de hoofdloop wordt aangelegd.
 - Vraagt intensief onderhoud – deels handwerk – en frequente controle op functioneren.
 - Ter voorkoming van ongewenste erosie wordt veel stortsteen verwerkt, waardoor een minder natuurlijk beeld ontstaat.
-

10 Bekkenvispassage



Bekkenvispassages worden in Nederland en Vlaanderen al sinds de jaren tachtig toegepast. Aanvankelijk werden bekkenvispassages aangelegd bij stuwen in grotere rivieren als de Maas, maar in de jaren negentig zijn de principeontwerpen zodanig aangepast dat ze ook geschikt werden voor laaglandbeken. Bekkenvispassage worden tegenwoordig vooral in beken toegepast als er geen mogelijkheden zijn voor een geheel natuurlijke oplossing. Bekkenvispassages kunnen zowel aangelegd worden in de hoofdloop als in een bypass.

Hoofdlijnen

De volledige naam voor een bekkervispassage, zoals beschreven in deze handreiking, is 'bekkervispassage met v-vormige drempels, bekleed en aangestort met (natuur) stenen. Die naam beschrijft in feite het basisontwerp van de bekkervispassage: een set van drempels met tussenliggende bekkens, waarbij met elke drempel een deel van het te overbruggen peilverschil wordt opgevangen.

De eerste ervaringen met bekkervispassages zijn opgedaan in de Maas, waar bekkervispassages werden aangelegd in bypasses bij ondermeer de stuwen bij Belfeld, Lith en Linne. De bekkervispassages maakten de migratie van snelzwemmende en springende soorten zoals zalm weer mogelijk.⁽⁵⁸⁾ De principeontwerpen voor grotere rivieren zijn later zodanig aangepast dat ze ook geschikt werden voor laaglandbeken.

Het ontwerp van bekkervispassages en met name de vorm en constructie van de tussenliggende drempels kan sterk variëren. De details worden sterk bepaald door de lokale hydrologische condities, zoals afvoer- en afvoerfluctuatie, eisen vanuit het peilbeheer en de beschikbare ruimte. Daarnaast spelen specifieke voorkeuren en ervaringen van ontwerpers en waterbeheerders een grote rol.

Bekervispassages kunnen zowel in de hoofdloop van een beek worden aangelegd waarbij de stuw komt te vervallen, als in een bypass.

In dit hoofdstuk beperken we ons tot bekkervispassages met v-vormige drempels die zijn aangestort met stenen. Nagenoeg alle vispassages in het beheergebied van de Brabantse waterschappen zijn namelijk volgens dit ontwerp principe aangelegd. V-vormige drempels kennen betere opzweemcondities dan vlakke drempels. Op de drempels worden in de regel één of meer rijen stenen aangebracht, zodat een variabel en onderbroken stromingspatroon ontstaat. Het profiel van de onderwatertaluds van de drempel wordt zodanig vormgegeven dat ze niet te steil zijn voor bodemvissen. Tegelijkertijd moet de drempel niet te breed worden, omdat de lengte van het traject met grotere stroomsnelheid anders te groot wordt.

In bekkervispassages in benedenlopen van beken en rivieren kunnen één of twee vertical slots per drempel opgenomen worden. Hierdoor wordt de afvoercapaciteit groter, waardoor – in bypass-situaties – makkelijker een voldoende grote lokstroom gecreëerd kan worden. Ook neemt hierdoor de passeerbaarheid voor bodemvissen toe; onderin de vertical slots is de stroomsnelheid namelijk veel lager dan aan het wateroppervlak. Het opnemen van een vertical slot kan echter alleen als er voldoende debiet beschikbaar is. Als dat niet het geval is bestaat het risico dat bovenstroomse waterpeilen bij lage afvoeren te veel uitzakken.

10.1 Functionele eisen vanuit vissen

Stroomsnelheid

De maximale stroomsnelheid in een bekkervispassage mag niet meer bedragen dan 1 m/s over een lengte van maximaal 1 m. De stroomsnelheid is het hoogst boven (en net na) de kruin van de drempels. Dat is immers de plek waar de doorsnede van het profiel het kleinst is. De stroomsnelheid op die specifieke plek is gerelateerd aan de peilsprong: hoe groter de peilsprong, hoe hoger de stroomsnelheid.⁽¹⁰⁾ Uit modelberekeningen, uitgaande van kale drempels, blijkt dat de gemiddelde stroomsnelheid op de drempels snel te hoog

is voor de minder goede zwemmers (groter dan 1 m/s). Door het strategisch plaatsen van stenen op de drempels wordt de stroming gebroken, wat tot gunstigere condities leidt. In grotere waterlopen is het opnemen van vertical slots in de drempels een optie om goede stromingscondities te creëren voor met name bodemvissen.

Door het plaatsen van stenen verliezen modelberekeningen hun waarde om te toetsen of aan de randvoorwaarde van maximale stroomsnelheid voldaan wordt. De ervaring leert dat met het in acht nemen van de (andere) ontwerpeisen, met name de peilsprong, altijd ergens een zone op de drempels ontstaat, die ook voor minder goede zwemmers passeerbaar is.

Peilsprong

De peilsprong tussen twee opeenvolgende bekkens is sterk bepalend voor de (maximale) stroomsnelheid over de drempel. Voor de karakteristieke vissoorten in Brabantse beken dient in een standaardontwerp maximaal 8 cm aangehouden te worden.

Doorzwemhoogte- en breedte

In een bekkervispassage bepaalt de hoogte van de waterkolom boven het diepste punt van de v-vormige drempel de maximale doorzwemhoogte. De doorzwemhoogte dient minimaal 20 cm te zijn.

In beken van gemiddelde grootte wordt die minimale diepte in het migratieseizoen gehaald bij een v-vorm met een 1:7-helling. In (kleinere) bovenloopsystemen kunnen steilere hellingen (1:5) nodig zijn om voldoende doorzwemhoogte te realiseren. Grote vissen die de doorzwemhoogte van 20 cm nodig hebben, worden niet beperkt door de hogere stroomsnelheden in het centrum van de vispassage. Kleinere exemplaren die voor een lagere stroomsnelheid juist de randen van de drempels opzoeken, hebben in de regel minder moeite met kleinere doorzwemhoogten.

Stenen

Om de stroming te breken, worden stenen op de drempels geplaatst. De onderlinge afstand tussen de stenen moet 20 cm zijn. Als de stenen dichter bij elkaar geplaatst worden, kunnen vissen langs het ruwe oppervlak van de breuksteen schuren, waardoor ze beschadigd raken.

Slots

Als in het ontwerp van de bekkervispassage vertical slots worden opgenomen, moeten deze minimaal 20 cm breed te zijn om passage van grotere vissen mogelijk te maken (zie verder hoofdstuk 12).

Diepte van bekkens

De optimale bekkendiepte bedraagt 75 cm onder de laagste waterstand; minimaal is een bekkendiepte van 50 cm nodig. Zo blijft ook tijdens perioden van beperkte afvoer voldoende water beschikbaar voor vissen en macrofauna die zich tijdelijk of permanent in de bekkens gevestigd hebben. Daarnaast biedt een grotere waterdiepte een betere bescherming tegen predatoren. De bekkens mogen echter niet dieper worden aangelegd dan de beek zelf, om ongewenste sedimentatie te voorkomen. Als dat mogelijk is, moet in droge perioden een minimale waterversing van 25 tot 50 l/s nagestreefd worden. Dat is te weinig voor het functioneren als vispassage, maar wél voldoende om de zuurstofhuishouding op peil te houden voor de vissen die in de vispassage hun leefgebied hebben.

Turbulentie en energiedemping

Als in het ontwerp een maximale peilsprong van 8 cm wordt aangehouden, zal dat niet tot zoveel turbulentie leiden dat er problemen ontstaan voor vispasseerbaarheid. Het volume van de tussenliggende bekkens is namelijk groot genoeg om de vrijkomende energie te dempen. De Brabantse waterschappen kiezen voor bekkens met een minimale lengte van 10 meter. Te hoge turbulentie (energiedemping hoger dan 100 W/m^3 , zie hoofdstuk 3) kan bij een peilsprong van 8 cm pas optreden als bekkens korter worden dan 5 meter.

Bekkens waarvan de lengte groter is dan de breedte zijn gunstig voor de vorming van een 'volkomen neer', een cirkelvormige zijwaartse terugstroming van de hoofdstroom binnen het bekken. Neren worden door de vissen gebruikt om met geringe inspanning stroomopwaarts te zwemmen. Een aanvullende overweging voor de keuze van langere bekkens met verspringende drempels is het tegengaan van schietend water. Als de diepste punten van de 'v's van opeenvolgende drempels in elkaars verlengde liggen, kan bij kortere bekkens schietend water op treden, waardoor de stroomsnelheid te hoog wordt.

Hoewel het effect moeilijk te kwantificeren is, lijkt de toepassing van een asymmetrische v-vorm in de drempels een gunstig effect te hebben op de energiedemping. Dit effect kan nog versterkt worden door het diepste punt van de 'v' links en rechts te laten verspringen ten opzichte van de lengteas van de passage. Zo ontstaat een slingerende stroomdraad door de bekkens, waardoor de energie in een groter watervolume gedempt wordt (figuur 10.1).



Figuur 10.1 | Door het diepste punt van de 'v' verspringend en asymmetrisch aan te leggen ontstaat in de bekkens een langere stroomdraad met meer variatie in stromingspatronen.

Foto: waterschap De Dommel

Rustgelegenheid

De Brabantse waterschappen hanteren voor bekkervispassages een minimale bekkenlengte van 10 m. Langere bekkens bieden vissen meer ruimte om op krachten te komen. Als een vispassage uit tien of meer bekkens bestaat, moeten er één of meer langere rustbekkens in het ontwerp opgenomen worden. Deze bekkens zijn enkele tientallen meters lang en dienen om de acht à tien bekkens ingepast te worden (zie verder § 3.5).

Lokstroom

Bij bekkervispassages in een bypass gelden wat betreft lokstroom in eerste instantie de algemene randvoorwaarden zoals beschreven in deel 1 (§ 2.7 en § 3.6): 5 tot 10% van de hoofdstroom. Voor dit type vispassage kiezen we, gezien de ecologische waarde, voor minimaal 10%. Bij voorkeur gaat een zo groot mogelijk aandeel van het totale debiet van de beek door de vispassage.

Uitstroomopening

De uitstroomopening dient op de hoogte van de migratielimietlijn aan te takken op de hoofdloop. Aangezien de lengte van een bekkervispassage in een bypass aanzienlijk kan zijn (tot honderden meters), kan het lastig zijn om de uitstroomopening op de goede plek te krijgen. Dat is uiteraard mede afhankelijk van de beschikbaarheid van gronden. In het ontwerp kan beter geschoven worden met de locatie van de instroomopening dan met die van de uitstroomopening.

Instroomopening en stroomafwaartse migratie

De locatie van de instroomopening ten opzichte van de stuw heeft geen invloed op stroomopwaartse migratie, mits de instroomopening niet zo dicht bij de stuw geplaatst is dat vissen weer terug kunnen spoelen over de stuw. Het is van belang te zorgen voor een goede aansluiting van de bodem van de hoofdloop op de bekkervispassage in de bypass. Het talud van de aansluiting mag maximaal 1:1 bedragen (bij voorkeur minder steil), om stroomafwaartse migratie van bodemvissen mogelijk te maken. Als de instroomopening niet goed herkenbaar is, blijven vissen namelijk bovenstrooms van de stuw 'wachten'. Over de stuw zelf vindt ook stroomafwaartse migratie plaats. Maar voor verschillende groepen vissen - zoals grotere exemplaren en kleine bodemvissen - zal de stuw toch enigszins als barrière functioneren.⁽⁷²⁾ In het ontwerp kan hiermee rekening gehouden worden door een zo groot mogelijk deel van het debiet door de bypass te sturen - dus meer dan strikt noodzakelijk is voor de lokstroom voor stroomopwaartse migratie.

10.2 Randvoorwaarden vanuit (water)beheer

Na realisatie van een bekkervispassage in de hoofdloop van een beek raakt de waterbeheerder de mogelijkheid kwijt om actief te sturen in peil en afvoer; de bovenstroomse drempel is bepalend voor het toekomstige peil. Het is daarom van belang dit in het planproces met alle betrokkenen te onderkennen en het ontwerp zodanig robuust te maken dat er na aanleg geen ongewenste neveneffecten ontstaan.

Opstuwing en inundaties

Drempels van bekkervispassages werken opstuwend, dat is immers noodzakelijk voor het creëren van de juiste condities voor vismigratie. Bij een vispassage in de hoofdloop leidt deze opstuwende werking – met name bij hogere (winter)afvoeren – tot hogere peilen bovenstrooms. Met behulp van een oppervlaktewatermodel kan het effect vooraf gekwantificeerd worden, waarna indien nodig maatregelen kunnen worden meegenomen in het ontwerp. Indien de ruimte dat toelaat kan bijvoorbeeld een ruimer, eventueel verlaagd winterbed worden aangelegd ter plekke van de vispassage. Dit is bijvoorbeeld toegepast bij

vispassage Zaartpark in de Aa of Weerijns in Breda (zie § 10.10). Daarnaast is het mogelijk de gehele vispassage lager aan te leggen, mits dit geen negatieve (verdrogende) effecten heeft op het omliggende gebied.

Verdroging en vernatting

Na aanleg van een bekkervispassage in de hoofdloop veranderen de peilen van de beek lokaal en mogelijk ook regionaal. Het totale peilverschil, dat zich eerst binnen een halve meter voltrok, wordt nu namelijk uitgesmeerd over tientallen zo niet honderden meters. Dit zal in ieder geval in de zone direct langs de beek tot wijzigingen in de grondwaterstand leiden en daarmee potentieel droogte- of natschade veroorzaken in aanliggende natuurgebieden, landbouwpercelen en bebouwd gebied. Bij aanleg van een bekkervispassage in een nevengeul kan deze zelfs drainerend werken. In het planproces moeten deze effecten goed in beeld gebracht worden (met of zonder grondwatermodel) zodat een goed onderbouwde afweging plaats kan vinden.

Erosie en sedimentatie

Zoals bij alle herinrichtingsprojecten van (stromende) watergangen, zal direct na aanleg relatief veel erosie en transport van sediment optreden. In enige mate is dit wenselijk, zeker als het om herstelprojecten in natuurlijke beken gaat, maar wel binnen bepaalde grenzen. Het is niet wenselijk dat er zoveel erosie optreedt dat de vispassage niet meer functioneert of er bijvoorbeeld achterloopsheid van drempels optreedt (zie ook figuur 10.9). Ook is te veel aanzanding (sedimentatie) in de bekkervispassage ongewenst, omdat de passage daardoor niet of minder goed functioneert (zie figuur 10.2). Door de watergang en de oever op gevoelige plekken te fixeren kan erosie voorkomen worden, bijvoorbeeld door het talud met stenen te bestorten of met kokosmatten of grasbetontegels te bekleden. Dergelijk maatregelen tasten de natuurlijkheid van de beek echter aan. Daarom moet een zorgvuldige afweging gemaakt worden, waarbij de werking van de vispassage centraal staat.



Figuur 10.2 | Aanzanding op een drempel verslechtert de mogelijkheden voor vismigratie doordat het de doorzwemhoogte vermindert.

Foto: waterschap De Dommel

Peilregulatie

Na realisatie van een bekkervispassage in de hoofdloop van een watergang kan niet meer actief gestuurd worden in het peil; de meest bovenstrooms drempel fungeert dan als vaste stuw.

Als in een waterloop met een bekkervispassage als bypass bovenstrooms twee verschillende – tegennatuurlijke – streefpeilen gehanteerd worden, moet een tweede, afsluitbare instroomopening in het ontwerp opgenomen worden.

Indien de drempels voorzien zijn van vertical slots, moeten deze zodanig ontworpen worden dat voorkomen wordt dat het bovenliggende stuwpannd bij extreem lage afvoeren leegloopt. Dit kan bijvoorbeeld door het diepste punt van de vertical slot zo hoog boven de beekbodem aan te leggen, dat een minimale waterdiepte in de beek gegarandeerd is. Een tweede mogelijkheid is om een dichtzetconstructie in het ontwerp op te nemen. Dit kan zowel een aparte schuifconstructie bovenstrooms van de hoogste drempel zijn of een goed bereikbare dichtzetconstructie van de vertical slot in de bovenste drempel. De bediening van deze constructies moet op een veilige manier mogelijk zijn (zie verder § 10.7).

10.3 Kenmerken

Door de vele variatiemogelijkheden op het basisontwerp van de bekkervispassage is het niet mogelijk één ideale invulling van de verschillende ontwerponderdelen te geven. Het is aan de ontwerper om tot een afgewogen keuze te komen, die recht doet aan de lokale situatie. De informatie in deze paragraaf ondersteunt dat keuzeprocess.

Maximaal verval tussen de bekkens

De ontwerp-peilsprong (het maximale verval tussen de bekkens) dient 8 cm te bedragen. Er blijft dan marge over voor onnauwkeurigheden in de uitvoering. Onder andere door de natuurlijke variatie in de stenen waarmee de drempel opgebouwd wordt, kan de ontwerp-peilsprong in de praktijk niet tot op de centimeter nauwkeurig uitgevoerd worden. Het is de ervaring dat na de uitvoering altijd drempels met een peilsprong van 10 cm of meer opgeleverd worden. Om niet-functionerende drempels te voorkomen is er ruimte in het ontwerp nodig. Eén niet-functionerende drempel betekent immers dat de gehele vispassage niet functioneert.

Overstortvorm

De vorm van de overstort over de drempel is van invloed op het functioneren van een bekkervispassage. Die vorm wordt bepaald door de vorm van de kruin (van de drempel), het wel of niet aanwezig zijn van stenen op de drempel, en de waterstanden boven- en benedenstrooms ten opzichte van de kruin. In de literatuur wordt de verdrinkingsgraad van een drempel (S) als criterium gehanteerd om te bepalen of een individuele drempel vispasseerbaar is. De verdrinkingsgraad wordt uitgedrukt als de verhouding tussen de bovenstroomse waterstand (h_1) en de benedenstroomse waterstand (h_2) van de drempel, gemeten ten opzichte van het diepste punt van de 'v':

$$S_{\text{verdrinkingsgraad}} = h_2 / h_1$$

Voor niet-salmonide vissoorten moet de verdrinkingsgraad S groter dan 0,5 zijn, om het ontstaan van een beluchte overstort te voorkomen^(9,46); bij voorkeur is deze groter dan 0,75. Beneden die waarde kunnen namelijk staande golven ontstaan – dat zijn golven die zich niet in horizontale richting verplaatsen – die een negatief effect hebben op de vispasseerbaarheid.⁽⁵⁸⁾

Drempels die zijn ontworpen volgens de criteria voor de peilspong (maximaal 8 cm) en de doorzweemhoogte (minimaal 20 cm) voldoen altijd aan de minimumeis van een verdrinkingsgraad van 0,5 (want $(20-8)/20 = 0,6$) en in het gros van de gevallen ook aan de eis van 0,75. Daarbij is het concept ‘verdrinkingsgraad’ met name van toepassing op gladde overlaten en veel minder op drempels met stenen. Stenen zorgen voor (extra) stuwing en gevarieerde stromingspatronen, waardoor een strikte toepassing van de formule niet aan de orde is.

Drempelvorm

Uit theoretisch en experimenteel modelonderzoek blijkt dat de helling van een v-vormige drempel in de dwarsdoorsnede bij gemiddeld tot grotere ontwerpafvoeren 1:7 moet bedragen. Dit levert de meest gunstige stromingscondities op.⁽⁹⁾ In kleinere beken met een lagere ontwerpafvoer (< 150 l/s) zijn steilere hellingen nodig om toch voldoende doorzweemhoogte te garanderen (1:5 of steiler). In figuur 10.3 en 10.4 zijn twee verschillende ontwerp oplossingen te zien – een ‘ondiepe’ vertical slot in een drempel met 1:7 taluds en een drempel met steiler talud (met een vlak centraal deel). Door één van beide aanpassingen zijn drempels ook bij lagere afvoeren vispasseerbaar.



Figuur 10.3 | Specifieke aanpassingen in het drempelontwerp zorgen ervoor dat deze ook vispasseerbaar zijn bij lage afvoeren: een steile(re) helling met een vlak centraal deel.

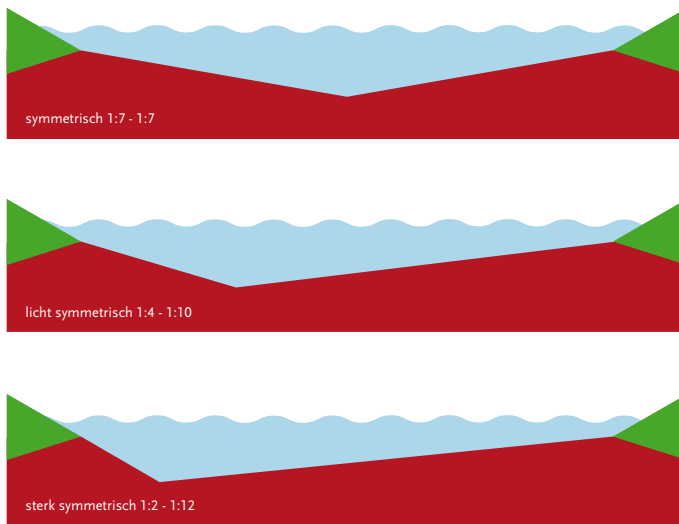
Bron: Waterschap Brabantse Delta

Asymmetrische overlaten met een verspringend diepste punt van de ‘v’ in opeenvolgende drempels kunnen worden toegepast om natuurlijke stromingspatronen in een meanderende beek te volgen en/of om de stroomdraad in een vispassage te verlengen. Gemiddeld dient in asymmetrische overlaten wel een helling van 1:7 gehaald te worden, zodat het totale doorstroomprofiel gelijk blijft. Dit kan bijvoorbeeld door in het ontwerp een korte zijde met een helling van 1:4 op te nemen en lange zijde met een helling van 1:10 (zie figuur 10.5).



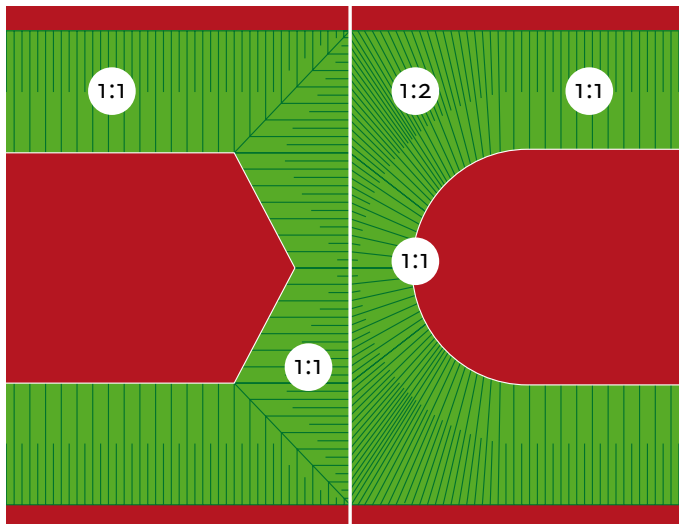
Figuur 10.4 | Specifieke aanpassingen in het drempelontwerp zorgen ervoor dat deze ook vispasseerbaar zijn bij lage afvoeren: een steile(re) helling met een ondiepe vertical slot.

Bron: Waterschap De Dommel



Figuur 10.5 | Basis dwarsprofielen van symmetrische en asymmetrische drempels.

Hoe steiler de taludhelling van de drempel dwars op de stroomrichting, des te eerder het bekken direct na de kruin van de drempel weer dieper wordt om energie en snelheid te dempen. Voor geleiding van de bodemvissen dient de hellingshoek niet groter te zijn dan 45° (1:1 helling). Beide – in essentie strijdige uitgangspunten – kunnen gecombineerd worden in een zogenaamd ‘komvormig’ of ‘zadelvormig’ ontwerp van de taluds. Hierbij krijgen de taluds vóór en achter tegen de damwand in het centrale deel een helling van 1:1; richting de oever loopt dit over in een helling van 1:2 à 1:3 (zie figuur 10.6). In de oever zelf wordt het talud weer steiler (helling 1:1 tot 1:2). De bodemvissen kunnen dan via de zijkant van de drempel goed naar boven zwemmen, terwijl de hoofdstroom snel energie kwijt kan in het diepere centrale deel.



Figuur 10.6 | Bovenaanzicht van een drempel met taludhellingen (links: theoretisch; rechts: praktisch).

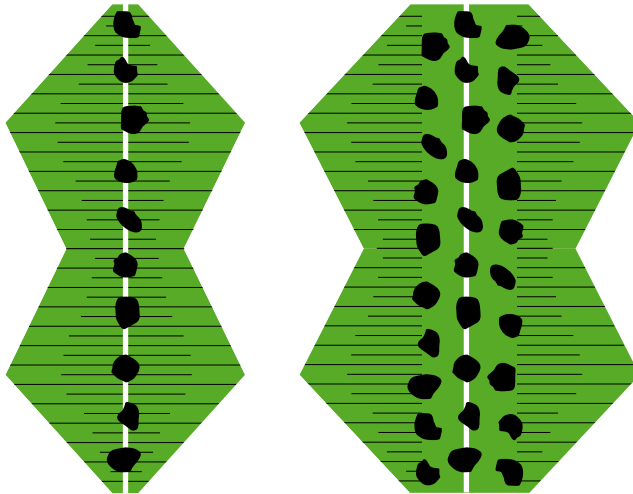
Afwerking van drempels met stenen

Strategisch geplaatste stenen op de drempels breken de overstortende straal en veroorzaken daardoor voor een gevarieerd patroon van hoge en lage stroomsnelheden. Hierdoor ontstaan ook bij hogere afvoeren aan de randen van de drempel doorgangen met stroomsnelheden die zodanig laag zijn dat soorten met een lagere sprintsnelheid van het ene naar het andere bekken kunnen zwemmen.

De stenen moeten een hoekige vorm hebben en tussen de 20 tot 30 cm groot zijn. Te platte stenen werken als een vin op de stroming, en hebben niet het gewenste brekende effect. De afstand tussen de stenen moet 20 cm bedragen, zodat voldoende doorzweembreedte gewaarborgd is. De stenen moeten voor minstens $\frac{1}{3}$ van hun hoogte in beton vastgelegd worden. Dit voorkomt dat ze (bijvoorbeeld na strenge vorst) los komen te liggen.

In deze handreiking spreken we geen specifieke voorkeur uit voor het aantal rijen stenen per drempel. Met meer rijen wordt de stroming beter gebroken worden. Maar als er meer rijen achter elkaar geplaatst worden, is er een bredere kruin nodig om de stenen goed te kunnen plaatsen, waardoor de te overbruggen afstand met maximale stroomsnelheid toeneemt. Over het algemeen geldt dat bij kleinere ontwerpafvoeren minder rijen stortsteen nodig zijn. Uiteindelijk bepalen vooral de voorkeur en de ervaring van de waterbeheerder het aantal rijen. Zo legt waterschap Brabantse Delta vooral drempels met één rij stenen aan, terwijl waterschap De Dommel vaker kiest voor twee of drie rijen stenen per drempel (zie figuur 10.7). Monitoringresultaten laten zien dat beide ontwerpkeuzes in de praktijk goed uitpakken voor passeerbaarheid, ook voor langzamere zwemmers.

Voor en achter de drempel wordt de bodem en het talud met steen aangestort. Dit kan met kleinere stortstenen met een diameter van 15 à 20 cm. Dit voorkomt ongewenste erosie en maakt het opzwemmen voor bodemvissen gemakkelijker.

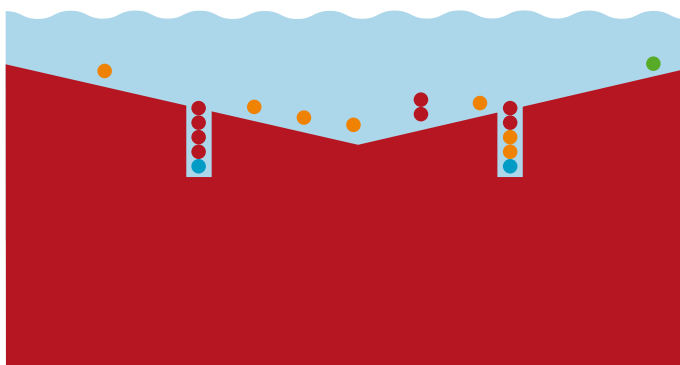


Figuur 10.7 | Schematisch bovenaanzicht van twee alternatieve ontwerpen voor drempels. De linker drempel is opgebouwd uit één rij stenen; de rechter drempel uit drie.

Vertical slots

Als de ontwerpafvoer groter is dan 250 l/s, kan overwogen worden om één of twee vertical slots in de drempels op te nemen. Bij een dergelijke afvoer kan er met een vertical slot nog voldoende water over de kruin van de drempel gaan. Door het toepassen van een vertical slot wordt de afvoercapaciteit van de drempels groter, waardoor gemakkelijker aan de randvoorwaarde van de lokstroom voldaan kan worden.

Vertical slots in de drempels van een bekkervispassage dragen ook bij aan de passeerbaarheid. Stroomsnelheidsmetingen tonen namelijk aan dat bij forse, kritieke stroomsnelheden in de hoofdstroom er in de onderste 10 cm van de vertical slot toch geschikte condities voor minder snelle zwemmers zijn (zie figuur 10.8). Zo kunnen kleinere soorten bodemvissen als biermpje en riviergrondel bij hogere debieten toch van bekken naar bekken zwemmen.



Figuur 10.8 | Indicatie van stroomsnelheid gemeten op de drempel en in twee acentrisch geplaatste vertical slots van een v-vormige bekkervispassage in de Keersop⁽⁶⁸⁾. Groen en blauw: goed passeerbaar; oranje en rood: minder goed tot niet passeerbaar.

De minimale breedte van een vertical slot dient 20 cm te bedragen, zodat ook grotere vissen de slot kunnen passeren. De maximale breedte kan berekend worden uit de ontwerpafvoer en de minimale beschikbare afvoer (zie verder hoofdstuk 12). Vertical slots kunnen centraal geplaatst worden (in het diepste deel van de 'v'). Dat betekent dat ze bij lagere afvoeren lang water blijven voeren en passeerbaar blijven, maar ook dat er minder opstuwende werking is en het bovenstroomse stuwpaand kan 'leeglopen'.

Een belangrijk ontwerpprobleem is om dit te allen tijde te voorkomen. Bij hogere debieten is een centraal verticaal slot minder voordelig. De verticale slot zit dan namelijk op het punt in de drempel met de hoogste stroomsnelheid; in dat geval kan beter voor een acentrisch geplaatste verticale slot gekozen worden.

De in de verticale slot te overbruggen lengte door de drempel moet niet te groot worden. Dat is een reëel risico, want door de trapeziumvorm van de drempels neemt de doorzwaafstand bij diepe verticale slots fors toe. Het strategisch plaatsen van grote stoorstenen (40 tot 60 cm diameter) en het creëren van een bredere doorstroomopening direct voor en achter de verticale slot zijn geschikte maatregelen om de passage te vergemakkelijken. Een andere oplossing is om voor de verticale slot een metalen prefab damwandbak te gebruiken, die wordt ingeklemd in de damwand van de kruin (zie figuur 10.9). Hierdoor kost het opnemen van een slot geen ruimte (extra doorzwaaf lengte) in het ontwerp en ontstaan er dus geen lange trajecten met hoge stroomsnelheden.



Figuur 10.9 | Metalen damwandbak met verticaal slot ingebouwd in de damwand van een drempel in aanbouw.

Foto: waterschap De Dommel

Oevertaluds

De oevers van de bekkens hebben een talud met een helling tussen 1:1 en 1:2. Als de bekkens in een meanderend deel van een watergang liggen, moet de natuurlijke taludvariatie terugkomen in het ontwerp, met steile taluds in buitenbochten (1:1 of steiler) en flauwe taluds in binnenbochten (1:5).

Afmetingen van bekkens

Om de vorming van een volkomen neer mogelijk te maken moet de lengte van de bekkens groter zijn dan de breedte (zie § 10.1). De Brabantse waterschappen kiezen voor een bekkenlengte van minimaal 10 m. De voorkeur gaat uit naar nog langere bekkens van 15 m of meer, vooral bij vispassages in de hoofdstroom. Als de bekkens erg breed uitvallen kan extra bekkenlengte gecreëerd worden door de diepste punten in de overlaten asymmetrisch en verspringend aan te leggen.

In een ontwerp moeten rustbekkens opgenomen worden als er in totaal meer dan tien bekkens nodig zijn om het totale peilverschil te overbruggen. De rustbekkens zijn minimaal tweemaal de normale bekkenlengte. Het talud hoeft niet over de gehele lengte te

worden vastgelegd. Net als in andere bekkens moet er in rustbekkens ook bij lage afvoeren voldoende waterdiepte zijn, zodat vissen er kunnen overleven.

10.4 Hydraulische berekeningen

De belangrijkste invoerparameters voor een hydraulisch model zijn de drempelhoogte en de afvoercapaciteit. Hiermee kunnen de peilen bij de verschillende afvoeren berekend worden. De hoogte van de kale damwand is bekend, evenals het diepste punt van de drempel. De stenen op de drempel maken deze echter hoger. In een relatief eenvoudig en werkbaar hydraulisch model kan geen rekening gehouden worden met deze stenen. Bij de vertaling van een model naar de bestektekening moet de hoogte van drempel dan ook worden aangepast. Als vuistregel geldt dat de hoogte van de damwand (of de hoogte van het beton op de drempel) op de tekening 10 cm lager moet zijn dan de gemodelleerde hoogte. Zo kan gecorrigeerd worden voor het opstuwende effect van het plaatsen van de stenen op de drempel.

Stroomsnelheden aan de bodem en buiten de hoofdstroom zijn in de regel lager dan die aan de oppervlakte in de hoofdstroom. Om voor de hydraulische modellering de afvoercapaciteit te bepalen, kan als indicatie een gemiddelde stroomsnelheid van 0,75 m/s aangehouden worden. De werkelijke gemiddelde stroomsnelheid volgt echter uit de berekening.

Stationair en niet-stationair rekenen

Bij het ontwerp van vispassages is stationair rekenen voldoende. De vispassages worden gedimensioneerd op gemiddelde situaties. Voor het ontwerp zijn de extremere pieken dan ook niet relevant. Bij het in beeld brengen van het effect bij extreme afvoeren kan in sommige gevallen het doorrekenen van niet-stationaire situaties wel wenselijk zijn. Dit is met name het geval bij de aanleg van een bekkervispassage in de hoofdstroom. Een bekkervispassage in de hoofdstroom kan bij hoge afvoeren namelijk een groter opstuwend effect hebben dan de te vervangen stuw, die in dergelijke gevallen geheel omlaag gezet kan worden.

Aandachtspunten bij modellering

De modellering wordt gedaan met behulp van de hydraulisch modelomgeving Sobek-CF. De belangrijkste aandachtspunten hierbij zijn:

- Voor elke drempel wordt een node Universal Weir gebruikt. Zo kan de v-vorm en indien nodig de vertical slot in de schematisering worden opgenomen;
- Sobek-CF rekent 1-dimensionaal. De Universal Weir mag een symmetrische vorm zijn (1:7/1:7) of asymmetrisch van vorm zijn (bijvoorbeeld 1:2/1:12).
- Alle bekkens bevatten de nodes Cross-Section en Calculation Point;
- De meest bovenstroomse drempel bepaalt de waterstanden, iedere volgende drempel komt 8 cm lager te liggen;

Dit verval is vooral belangrijk als de bekkens niet horizontaal worden aangelegd, maar met een verhang in de bodem. Doordat het bodemverhang dan doorwerkt in het waterstandsverhang, wordt er namelijk een te klein peilverschil gemodelleerd. In werkelijkheid (vooral in korte bekkens) zal de waterstand in één bekken nagenoeg gelijk zijn.

Een bekkervispassage bestaat uit verschillende drempels. In tegenstelling tot gewone stuw en overlagen, verdrinken drempels bij hogere afvoeren snel. De benedenstroomse waterstand beïnvloedt de bovenstroomse waterstand dan. Als een stuw vervangen wordt door drempels, treden er bij wat hogere afvoeren al snel hogere peilen bovenstrooms op. Bij sterk verdrongen drempels worden de bovenwaterstanden echter nauwelijks verhoogd. Voor het in beeld brengen van de effecten van drempels bij extreme afvoeren is het niet raadzaam deze in Sobek-CF te schematiseren als serie van stuw. De opstuwing kan dan tot maximaal een kleine meter worden overschat. In Sobek kan een bekkervispassage het beste geschematiseerd worden als een ruw hellingvlak met een hogere ruwheid of weerstand. De bodem volgt dan de bovenkant van de drempels. De maatgevende kruinhoogte van de drempels is de gemiddelde hoogte van de stenen. De best gefitte weerstand van een drempel met stenen blijkt ongeveer $Chezy = 15 \text{ m}^{1/2}/\text{s}$ te zijn. De afwijking met de werkelijkheid is dan kleiner dan 5 cm.⁽⁸⁾

Toetsing van randvoorwaarden

De uitkomsten van de hydraulische modellering zijn minder geschikt om te beoordelen of voldaan wordt aan de randvoorwaarde van maximale stroomsnelheid. Sobek-CF rekent namelijk 1-dimensionaal en kan alleen een gemiddelde stroomsnelheid berekenen over een doorstroomprofiel, terwijl er in werkelijkheid juist erg veel variatie in de stroomsnelheid binnen een profiel is.

De modeluitkomsten zijn wel van groot belang om de effecten van het ontwerp in beeld te brengen op waterpeilen en eventuele inundaties bovenstrooms en rond de vispassage.

10.5 Materialen

Drempels

De drempels van bekkervispassages hebben over het algemeen een houten (of stalen) damwand als basis. De diepte, dikte en lengte hiervan volgt uit de lokale bodemopbouw en moet voldoen aan cultuurtechnische eisen. Als het hout van een damwand volledig in het beton verdwijnt, volstaat het gebruik van zachthout (vuren); in ontwerpen waarbij de damwand in zicht is, is het gebruik van hardhout noodzakelijk.

De damwand moet enkele meters doorlopen in de oever om achterloopsheid te voorkomen en de stabiliteit van de drempel te garanderen. Hoewel een damwand die drie meter in de oever doorloopt in de meeste gevallen (ruim) zal voldoen, kan soms toch achterloopsheid ontstaan, met name als de bekkervispassage op een zeer zandige bodem is aangelegd (figuur 10.10).



Figuur 10.10 | Oevererosie, uiteindelijk leidend tot achterloopsheid en vorming van een kortsluiting bij de drempel van een bekkervispassage die is aangelegd op een zeer zandige bodem.

Foto: waterschap De Dommel

Een ‘moderne’ bekkervispassage met stortsteendrempels wordt vaak aangelegd met natuursteen, zoals Ardennen breuksteen. Deze ruwe stenen breken de stroming optimaal. Voldoende tussenruimte tussen de stenen biedt vissen de mogelijkheid om zonder schade te passeren. Toch moet het gebruik van deze natuurstenen en ander ‘hard’ materiaal in laaglandbeken zoveel mogelijk beperkt worden, aangezien het geen gebiedseigen materiaal is. In een bekkervispassage kunnen deze stenen op drie verschillende manieren toegepast worden, waarbij elke toepassing specifieke eisen stelt aan grootte en vorm (zie tabel 10.1). Op basis van de specifieke lokale karakteristieken (grootte van de beek en drempel, ontwerpafvoer en grondslag) zal de uiteindelijke grootte bepaald moeten worden.

Tabel 10.1 | Gebruik van (natuur)stenen in een bekkervispassage.

Omschrijving toepassing	Grootteklasse	Vorm
Stenen op de drempels	20-30 cm (tot 40 cm bij grote drempels)	Vierkante, ruwe stenen
Aanstorting drempel en talud	15-20 cm	Goed op elkaar aansluitende stenen
Stoorstenen voor/achter vertical slot	40-50 cm (tot 60 cm bij grote drempels)	Variabel, niet te plat

Het gebruik van (te veel) stortsteen kan beperkt worden door de kern van de drempels uit gecertificeerd puin, puingranulaat of zand op te bouwen (zie figuur 10.11). Dit materiaal komt niet in zicht en heeft geen invloed op de functionaliteit. In dit geval hoeft alleen voor de toplaag gebruik gemaakt te worden van natuursteen.



Figuur 10.11 | Drempels met een kern van zand in de opbouwfase in de Molenbeek bij de Oude Turfvaartsestraat.

Foto: waterschap Brabantse Delta

Vertical slots

Hoewel het mogelijk is om een vertical slot in een v-vormige drempel met hout op te bouwen in de damwand of te construeren met schanskorven, kan dit ook met een stalen prefab damwandbak gebeuren (zie figuur 10.9 en 10.11). Dit is eenvoudig. Door het relatieve dunne materiaal is deze oplossing ook ruimtebesparend, waardoor de passage door de drempel zo kort mogelijk gehouden kan worden. Plaatmateriaal met een dikte van 12 mm is voldoende om een stevige bak te lassen.

10.6 Beheer en onderhoud

Bekkenvispassages zijn relatief bewerkelijk in het onderhoud, zeker in vergelijking met de andere vispassages die in deze handreiking besproken worden. Het onderhoud is niet alleen nodig om de afvoer van pieken te garanderen, maar ook om te zorgen dat de vispassage optimaal functioneert.

Maaien en schonen

Vanwege de afvoercapaciteit kan het nodig zijn om de vispassage schoon de winter in te laten gaan. Of en in hoeverre dit nodig is, is afhankelijk van het totale profiel van het ontwerp. Als dit krap ontworpen is, is veel onderhoud noodzakelijk. Als het ontwerp iets overgedimensioneerd is en er rekening is gehouden met extensief onderhoud en meer begroeiing, is er minder onderhoud nodig. Maaien van een bekkenvispassage is vergelijkbaar met het onderhoud van een halfnatuurlijke beek. Gezorgd moet worden voor goede doorstroming. Het is echter ook van belang dat er enige bedekking van oever- en waterplanten is, zodat vissen kunnen schuilen.

Drempels

Na het maaien van een bekkenvispassage zal zich in ieder geval in enige mate drijfvuil voor de drempels ophopen. Afval en waterplanten kunnen tot een afstand van 3,5 m met een haak vanaf de kant worden verwijderd. Groter drijvend materiaal (takken, boomstammen) moet machinaal verwijderd kunnen worden, bijvoorbeeld met een wiel- of rupskraan met grijper. In grotere vispassages is machinaal onderhoud onontkoombaar. Het openhouden

van een obstakelvrije zone of obstakelvrije toegangspunten tot de verschillende drempels is noodzakelijk. Direct bovenstrooms van een bekkervispassage in een bypass moet een drijfbalk geplaatst worden om te voorkomen dat maai- en drijfvuil van het bovenstrooms stuwpannd in de bekkervispassage terecht komt.

Handhaven stuw

Als een bekkervispassage in de hoofdloop wordt aangelegd, is de stuw vanuit het oogpunt van waterbeheer niet meer nodig. Toch kan het vanuit onderhoudsoogpunt voordelen hebben de stuw te handhaven. De stuw kan dan namelijk gebruikt worden om het water tijdelijk extra op te stuwen, waardoor het mogelijk wordt om de watergang stroomopwaarts van de vispassage met een maaiboot te maaien. Een maaiboot heeft namelijk een minimale diepte nodig, die in heringerichte beken zelden gehaald wordt.

Voorwaarde is wel dat de stuw buiten de maaiperiode altijd geheel gestreken moet zijn. Ook mag de stuw geen barrière vormen voor vismigratie. Een dergelijke barrière kan ontstaan door ongunstige condities in de woelkom van de stuw, door de stuwklep of –schuif zelf, of doordat stuw drempels niet goed op de bodem van de watergang aansluiten.

Stortstenen en onderhoud

Om te voorkomen dat de oever van een vispassage erodeert, worden er soms grote hoeveelheden stortstenen in de oever aangebracht. Dit maakt onderhoud met een maaibalk echter lastig tot zelfs onmogelijk (zie ook kader 10.2). In de praktijk kan dat ertoe leiden dat er te weinig onderhoud uitgevoerd wordt en dat de vispassage niet meer goed functioneert (zie figuur 10.12). Daarom raden we aan alleen stortsteen als oeververdediging toe te passen als dit echt noodzakelijk is. De mate waarin stortsteen wordt toegepast moet worden bepaald aan de hand van de afvoer en de daarmee gepaard gaande erosie.



Figuur 10.12 | Doordat er in deze bekkervispassage veel stortsteen op de oevers en de drempel is aangebracht, is machinaal en efficiënt maaionderhoud nauwelijks mogelijk. Daardoor is er veel begroeiing, waardoor de vispassage nauwelijks meer functioneert.

Foto: waterschap De Dommel

Inspectie

Voorafgaand en maandelijks gedurende de migratieperiode moeten de drempels visueel geïnspecteerd worden op hun functioneren. Er moet dan gelet worden op ophoping van (drijf)vuil, grote takken en overmatige begroeiing door waterplanten, met peilopstuwing tot gevolg. Peilopstuwing leidt tot ongewenste verhoging van de peilsprong. Losliggende en

verplaatste stenen kunnen eveneens de passeerbaarheid beperken. Met name direct na het maaionderhoud is controle noodzakelijk.

Kader 10.2 | Zijn bekkervispassages ultiem habitat voor exoten?



Figuur 10.13 | Grote waternavel tussen de stenen op een drempel van een bekkervispassage.

Foto: waterschap De Dommel

Door het afwijkende, harde substraat in bekkervispassages waarin veel stortsteen verwerkt is, komen er soorten voor die niet specifiek zijn voor laaglandbeken. In de meeste gevallen levert dat geen risico voor het beekecosysteem op. Dit geldt echter niet voor invasieve, exotische planten. Met name soorten waarvan de bestrijding sterk gericht is op zeer frequent en zo volledig mogelijk maaien, zoals Grote waternavel (figuur 10.13), kunnen een groot probleem vormen in bekkervispassages. Door de stortsteen in het talud is het maaien namelijk zeer bewerkelijk en is het vrijwel onmogelijk om alle planten volledig te verwijderen. Hierdoor kunnen bekkervispassages zelfs gaan functioneren als een lokaal verspreidingspunt voor deze en andere soorten waterplanten. Een reden te meer om het opnemen van een taludversteving met stortstenen in bekkervispassages kritisch te bekijken en tot een minimum te beperken.

10.7 Arbowet

Inspectie en handmatig onderhoud

De vispassage moet op een veilige manier bereikt kunnen worden, in ieder geval te voet. Dat kan via een onderhoudspad, obstakelvrije zone of wandelpad. Dit pad moet van zodanig kwaliteit zijn dat de kans op struikelen of uitglijden minimaal is. Bedieningsmiddelen zoals dichtzetconstructies moeten goed en veilig bereikbaar en bedienbaar te zijn. Ter plekke dienen een stabiele ondergrond en indien nodig stevig hekwerk aanwezig te zijn, om te voorkomen dat werknemers tijdens werkzaamheden in het water vallen.

De meest risicovolle onderhoudsactiviteit is het handmatig verwijderen van drijfvuil uit de vispassage. Als dit vanaf de kant gedaan kan worden, is het risico beperkt. Het vraagt wel een stevige oever of talud. Om de risico's te verkleinen moeten handmatige onderhoudsactiviteiten altijd met minimaal twee personen uitgevoerd worden.

Machinaal onderhoud

Het machinaal onderhouden van bekkens en drempels levert minder risico's op dan handmatig onderhoud, mits er een stabiele en goed toegankelijke ondergrond is voor een rups- of wielkraan (zie figuur 10.14).

Anders dan bij handmatig onderhoud bestaat er bij machinaal onderhoud met een kraan of grijper een kans dat er schade ontstaat aan de drempels. Dat kan het functioneren van de vispassage aantasten. Tijdens of na het onderhoud moet een deskundige medewerker daarom beoordelen of de vispassage nog voldoende functioneert en waar eventueel losgekomen stenen weer teruggelegd moeten worden.



Figuur 10.14 | Onderhoud met een kraan met knijper is een Arbo-verantwoord alternatief voor handmatig onderhoud. Er dient dan echter wel een obstakelvrije zone langs de vispassage aanwezig te zijn.

Foto: waterschap De Dommel

10.8 Kosten

De kosten voor de aanleg van een bekkervispassage zijn afhankelijk van het te overwinnen verval, de breedte van de watergang of bypass en van het ontwerpdebiet. Op basis van nacalculatie van verschillende projecten tot 2010 heeft waterschap De Dommel de kosten als volgt geraamd:

Voor kleinere vispassages (met een bodembreedte tot 3 meter):

- Gemiddelde investeringskosten per drempel / bekken: € 9.000 excl. btw
- Gemiddelde investeringskosten per cm peilverschil: € 1.125 excl. btw

Voor grotere vispassages (met een bodembreedte van 3 meter of meer):

- Gemiddelde investeringskosten per drempel / bekken: € 30.000 excl. btw
- Gemiddelde investeringskosten per cm peilverschil: € 3.750 excl. btw

Hierbij dient aangetekend te worden dat vispassages met minder drempels relatief duurder zullen uitvallen, omdat de plan- en voorbereidingskosten over minder drempels omgeslagen worden. Voor met name de aanleg van bekkervispassages in een bypass moet vaak ook grond aangekocht worden. De kosten hiervan zijn zeer variabel en zullen in de regel per vispassage enkele tienduizenden euro's bedragen.

10.9 Praktische punten tijdens uitvoering

Ruimte in het ontwerp

Anders dan technische vispassages zijn bekkervispassages met stortsteen drempels minder nauwkeurig te modelleren en te realiseren. Daarbij zijn de bekkervispassages in de hoofdstroom ook sterk gebaseerd op peil- en afvoersituaties die op dat moment gelden (en mogelijk in de toekomst veranderen). Het is daarom verstandig hiermee in het ontwerp al rekening te houden, bijvoorbeeld door een extra (benedenstroomse) drempel toe te voegen of ruimte daarvoor te reserveren. Dit voorkomt problemen na aanleg.

Aansturing aannemers

We raden het sterk af dat een aannemer geheel zelfstandig en enkel op basis van bestektekeningen drempels met stortsteen opbouwt. Kleine afwijkingen in de uitvoering kunnen namelijk grote invloed hebben op de uiteindelijke werking van de vispassage. De aannemer moet in ieder geval bij de eerste drempels en bij de afwerking van een bekkervispassage in overleg met de directievoerder aangestuurd worden door een ecooloog met kennis van zaken en ervaring. Daarbij moet er specifieke aandacht zijn voor de helling van de taluds, de hoogte van de drempels (hydraulisch verloop), de grootte en vorm van de stenen, de plaatsing van de stenen bovenop de kruin (en eventueel in de damwandenbak voor en achter de vertical slot) en voor de kwaliteit (dikte) van het beton (zie figuur 10.15). Het beschikbaar hebben van voorbeelden en maten (zoals in deze handreiking) is een praktisch hulpmiddel bij de communicatie in het veld. Daarbij is het van belang om samen met de aannemer 'te denken als een vis'. Hierbij geldt dat grote vissen ander gedrag vertonen dan kleine vissen; grote vissen willen (snel) rechtdoor kunnen, terwijl kleine vissen en bodemvissen gaan zigzaggen en sterke stroming proberen te vermijden.



Figuur 10.15 | Instrueren van de aannemer bij het opbouwen van een drempel.

Foto: waterschap De Dommel

In den droge bouwen

Stortsteendrempels moeten in den droge worden aangelegd. In veel gevallen zal de bekkervispassage buiten de insteek van de bestaande watergang aangelegd worden (bypass of hermeandering) en kan met een (bron)bemaling het werkterrein drooggehouden worden. Als de bekkervispassage in de bestaande hoofdloop wordt aangelegd, moet op een andere manier een tijdelijk droge situatie gecreëerd worden. Dat kan door met damwanden het water tijdelijk bovenstrooms vast te houden of om te leiden. Ervaringen met onderwater-beton en het nat plaatsen van de stortstenen hebben tot nu toe geen positieve resultaten opgeleverd.

Geleidelijke ingebruikname

Als dat mogelijk is, moet de afvoer door de vispassage direct na oplevering eerst nog beperkt worden. Op die manier kan inzicht worden verkregen in het risico op erosie, zonder dat er al (ernstige) uitspoeling optreedt. Ook kan zo beoordeeld worden of de vispassage volgens verwachting functioneert. Ook de eerste maanden na oplevering moet – indien mogelijk – de afvoer door de vispassage beperkt worden. Juist in onbegroeide toestand is deze namelijk gevoelig voor erosie.

Constructie, vorm en plaatsing van drempels

Om te voorkomen dat rond drempels erosie plaatsvindt, is een stevige kern (met damwand) noodzakelijk. Ook het talud van de drempels (de helling dwars op de stromingsrichting) moet tot minimaal 50 cm onder de bodem van de bekkens doorlopen. Als dat niet gebeurt, kunnen er door de stroming achter en onder de helling van de drempel ongewenste stroomkuilen ontstaan. Het stortsteen met beton sluit dan niet meer aan op de bodem en de helling gaat 'zweven'. Voor optrekkende vissen is er in dat geval geen goede aansluiting meer tussen de bodem van het bekken en de helling van de drempel.

Als drempels in een bocht liggen, moet de as minimaal loodrecht op de stromingsrichting staan of de bocht indraaien. Als dat niet het geval is kan de 'v' van de drempel de stroming naar de oever sturen, waardoor er zeker bij onbeschermden oevers erosie optreedt (zie figuur 10.16).



Figuur 10.16 | Oevererosie door onjuiste plaatsing van een drempel.

Foto: waterschap Brabantse Delta

Aanbrengen van stenen op de drempels

In het bestek moet opgenomen worden hoe stenen en beton geplaatst moeten worden (bijvoorbeeld eerst beton of eerst stenen). Aanvullende instructies (zoals beton met een bezem en water inwassen) dienen eveneens opgenomen te worden.

Er is niet één ideale oplossing voor de manier waarop de stenen vastgelegd kunnen worden in beton. Waterschap De Dommel geeft er de voorkeur aan een laag (colloïdaal) beton van 10 cm aan te brengen. Met de hand of de kraan worden hier de stenen ingezet, waarna ze met een kraan worden aangeduwd totdat ze voor 1/3 in het beton vastzitten. Waterschap Brabantse Delta heeft bij een aantal vispassages eerst de stenen geplaatst op het binnenlichaam van de drempel. Vervolgens is het beton met een bezem tussen de stenen geveegd.

Als het beton tussen de stenen wordt gewerkt, moet opgelet worden dat de stenen niet te veel in en onder het beton komen te liggen. Voorkomen moet worden dat het beton over de stenen heen gestort wordt. Dat vermindert het brekende effect van de stortstenen namelijk en beperkt de schuil- en rustmogelijkheden voor de vissen (zie figuren 10.17 en 10.18). Daarnaast oogt de vispassage dan veel kunstmatiger en valt eerder uit de toon in het landschap.



Figuur 10.17 | In vispassage Galderse Beek wordt met bezems het beton tussen de stortstenen gewerkt, zodat een deel van de stenen boven het beton uitsteekt.

Foto: waterschap Brabantse Delta



Figuur 10.18 | Later zijn aanvullend tegen het talud van vispassage Galderse Beek stortstenen en beton aangebracht, waarbij het beton over de stenen is gestort en er een ongewenste situatie is ontstaan.

Foto: waterschap Brabantse Delta

10.10 Ervaringen in Noord-Brabant

Door de hoge mate van natuurlijkheid en robuustheid hebben de Brabantse waterbeheerders veelvuldig gekozen voor bekkervispassages. Er zijn tientallen bekkervispassages aangelegd. In deze paragraaf beschrijven we een aantal van deze vispassages, waarbij we ondermeer ingaan op de uitgangspunten, de gemaakte keuzes, eventuele leerpunten en monitoringsresultaten. Tabel 10.2 geeft een overzicht van de bekkervispassages die in deze paragraaf besproken worden. Een overzicht van hydraulische en biologische monitoring van een groter aantal bekkervispassages is opgenomen in Bijlage C.

Tabel 10.2 | Overzicht van Brabantse bekkervispassages die in deze paragraaf besproken worden en het jaar van aanleg, beginnend met vispassages in de hoofdloop (H), daarna die in een bypass (B); verder geeft de tabel aan de drempels symmetrisch (S) of asymmetrisch (A) zijn, het aantal drempels (#), de peilsprong per drempel (cm) en de taludhelling van de drempels (1:x).

Waterschap	Locatie	Jaar	H/B	A/S	#	cm	1:x	Bijzonderheden
Aa en Maas	Kawaise Loop - Molenhof	2010	H	S	11	8	1:7	Vierkante blokken graniet op drempels
Brabantse Delta	Merkske - Castelré	2002 2004	H	S	10	10	1:5	
Brabantse Delta	Aa of Weerij's - Zaartpark	2005	H	S	8	8		Afsluitbare klep in bovenstroomse drempel
De Dommel	Kleine Aa - Kapelweg	2011	H	A	10	10	1:7	Twee rijen stortsteen per drempel
Aa en Maas	Dieze - Crèvecoeur	2012	B	S	22	8	1:7	Grootste bekkervispassage uit het gebied
Brabantse Delta	Boven Mark - Bieberg	2003	B	S	8	12,5		Uitstroomopening ver benedenstrooms de stuw
De Dommel	Dommel - Vughterstuw	2003	B	S	6	9	1:7	

Kawaise Loop

Begin 2011 is bij stuw Molenhof in de Kawaise loop een bekkervispassage gerealiseerd, gecombineerd met een hevelvispassage. Het peilverschil over de bekkervispassage is 90 cm, dat met 11 drempels (à peilsprong 8 cm) opgevangen wordt. De v-vorm van de drempel heeft een hoek van 1:7; het talud van de drempels is 1:1. Het debiet door de vispassage loopt van 50 l/s (bij lage zomerafvoer) en 100-200 l/s (bij voorjaarsafvoer) tot

1.800 l/s (bij piekafvoer). In principe gaat het gehele debiet van de Kaweise loop door de vispassage. Voor de piekafvoer is echter de oude (genormaliseerde) loop nog beschikbaar. Bovenstrooms van de bekkens is een schotbalkstuw aangebracht waarmee een hoger zomerpeil in de Kaweise loop kan worden gerealiseerd. Om ook deze schotbalkstuw passeerbaar te maken is daar een hevelvispassage aangelegd.

De kern van drempels hebben een azobé-damwand en zijn aangestort met zand dat is afgedekt met een laag PE-folie. Op de folie is een 120 mm dikke betonlaag aangebracht, met keien als opvulling (5-40 kg). Op de drempels zijn granietblokken van 30 x 30 x 30 cm aangebracht (Chinees model look-alike, zie figuur 10.19 en 10.20). Deze blokken zijn met een pen van 10 cm verankerd in de betonlaag.



Figuur 10.19 | Impressie van de vispassage in de Kaweise Loop na aanleg.

Foto: Rimbaud Lapperre



Figuur 10.20 | Detail van één van de drempels in de Kaweise Loop.

Foto: Rimbaud Lapperre

Merkske - Castelé

In 2002 is in het Merkske een stuw vervangen door zeven symmetrische v-vormige overlaten zonder vertical slot. De drempels met een helling van 1:5 zijn aangestort met stenen. In het ontwerp was geen rekening gehouden met het verhang over de waterbodem. Mede daardoor was het verval over de laatste drempels te groot. Daarom zijn in 2004 drie

extra overlaten aangebracht. De in beton vastgelegde stortstenen lopen aan weerszijden van de overlaten ongeveer 4 meter door over de waterbodembodem en langs de oevers. Er is sprake van relatief weinig erosie. Mede door het intrappen van de oevers door vee is het plaatselijk wel nodig om af en toe de oevers aan te vullen.

In het voorjaar van 2009 is de ecologische werking van de vispassage onderzocht.⁽⁴⁹⁾ In de fuik zijn de verwachte doelsoorten gevangen en zowel grote als kleine vissen aangetroffen. Het ging daarbij om typische bodemgebonden soorten als biermje en riviergrondel en om meer pelagische zwemmers als baars en blankvoorn.

Aa of Weerij - Zaartpark

In 2005 is in het Zaartpark in de Aa of Weerij een stuw vervangen door acht v-vormige drempels met een centrale vertical slot van 20 cm breed. De meest bovenstroomse trede bevat een klep (zie figuur 10.21). In droge perioden wordt de klep omhoog gezet, zodat water bovenstrooms wordt vastgehouden. Vissen kunnen dan nog aan weerszijden van de klep de drempel passeren. Bij normale en hoge waterstanden moet de klep openstaan, zodat vissen daar door en langs kunnen passeren.



Figuur 10.21 | Klep in de vispassage Zaartpark in de Aa of Weerij, bedoeld om in droge perioden water vast te houden.

Foto: waterschap Brabantse Delta

De buitenbochten van de vispassage zijn over de hele lengte van het bekken voorzien van stortsteen, maar de rechte stukken en binnenbochten niet (zie figuur 10.22). Vooral op die plaatsen, maar ook in enkele buitenbochten, treedt veel erosie op (zie figuur 10.23).

In het voorjaar van 2006 is deze vispassage bemonsterd met een fuik.⁽⁵⁾ Er zijn veel vissen gevangen, waaronder stroomminnende doelsoorten als winde en serpeling. De vangst bestond in aantallen in hoofdzaak uit de algemeen voorkomende soorten blankvoorn en kolblei. Uit de resultaten blijkt dat de vispassage goed functioneert.



Figuur 10.22 | Verstevinging met stortstenen van de volledige oever van buitenbocht in vispassage Zaartpark in Aa of Weerij's tijdens uitvoering in 2005; binnenbochten en rechte stukken zijn alleen bij de overlaten verstevigd.

Foto: waterschap Brabantse Delta



Figuur 10.23 | Vispassage Zaartpark in Aa of Weerij's vijf jaar na aanleg met erosie van oever waar verstevinging met stortstenen ontbreekt.

Foto: waterschap Brabantse Delta

Kleine Aa - Kapelweg te Boxtel

Medio 2011 is in het benedenstroomse deel van de Kleine Aa ten westen van Boxtel een beekherstelproject uitgevoerd. Als onderdeel van het project is een stuw gelegen onder het spoor Boxtel-Tilburg (Kapelweg) vispasseer gemaakt door de aanleg van tien v-vormige drempels; met meandering alleen was het peilverschil over de stuw niet op te vangen. Deze drempels zijn asymmetrisch ontworpen met een talud van 1:9 aan de flauwe kant en 1:5 aan de steile kant. Acentrisch is in elke drempel een vertical slot aangebracht met een stalen damwandenbak. De breedte van de slots bedraagt 20 cm en de diepte 40 cm.

Door de acentrische (en daardoor relatief ondiepe) plaatsing wordt voorkomen dat bij lage afvoeren het bovenstrooms stuwpland leegloopt: de bodem van de bekkens ligt gemiddeld 50 cm onder het laagste punt van de vertical slot.

Een eerste visuele beoordeling suggereert dat de drempels goed passeerbaar moeten zijn. Door het strategisch plaatsen van stenen in twee rijen wordt de stroming goed gebroken. Aan de zijkanten lijken genoeg ondiepere, langzaam stromende passages gecreëerd te zijn (zie figuur 10.24).



Figuur 10.24 | Het rustige, gevarieerde stroombeeld over de drempels suggereert een goed functioneren van de vispassage in de Kleine Aa bij de Kapelweg.

Foto: waterschap De Dommel

In deze vispassage is de oever van de bekkens over grote lengte met stortsteen vastgelegd. Dit was nodig omdat ruimte voor meandering relatief beperkt was en de grondsoort in het winterbed (kaal zand) sterk aan erosie onderhevig is. Dat blijkt uit ook het feit dat in de eerste winter een van de drempels net buiten de oeverbestorting achterloops geraakt is.

Dieze - Crèvecoeur

In 2011/2012 is de grootste vispassage van Noord-Brabant gerealiseerd in Dieze. De Dommel en de Aa komen in 's-Hertogenbosch samen in de Dieze, die vervolgens naar de Maas stroomt. Vlak voor de monding in de Maas staat de spuisluis Crèvecoeur. Om deze spuisluis passeerbaar te maken is een bekkenpassage aangelegd. De aanleg was zeer gecompliceerd, omdat er een doorgang in de primaire (Maas)kering gemaakt moest worden, die natuurlijk ook veilig afsluitbaar moest zijn. Daarnaast is een regionale kering verlegd (zie figuur 10.25, 10.26 en 10.27).



Figuur 10.25 | Vispassage Crèvecoeur tijdens de aanleg in november 2011.

Foto: waterschap Aa en Maas

De vispassage moet functioneren bij verschillende Maaspeilen (benedenstrooms). Bovenstrooms in de Dieze is het peil redelijk constant, mede ten behoeve van de scheepvaart. Het ontwerpdebiet is $3,5 \text{ m}^3/\text{s}$. De vispassage is ontworpen op een

maximaal peilverschil van 180 cm. Er zijn 22 drempels aangelegd. De meeste drempels zijn opgebouwd uit een houten damwand met een helling van 1:7 die is aangestort met breuksteen. In de damwand zijn twee verticale slots van 35 cm breed aangebracht. Voor en achter de verticale slots zijn grote keien geplaatst om te stroming te breken. Helemaal bovenstrooms in de vispassage is een dichtzetconstructie aangebracht bestaande uit twee klepstuwen (zie figuur 10.25). In perioden met weinig afvoer op de Dieze worden deze opgetrokken om het peil op de Dieze te kunnen handhaven. Helemaal benedenstrooms is een doorlaatwerk in de Maasdijk aangelegd. De vispassage gaat hier in drie duikers (kokers) door de primaire kering heen. In de duikers onder de dijk zijn op de bodem stenen 'geplakt'. Die moeten ervoor zorgen dat er dicht bij de bodem voldoende lage stroomsnelheden optreden, zodat ook minder goede zwemmers de duikers kunnen passeren. In de duikers zijn dubbele dichtzetconstructies aangebracht, waarmee de duikers bij hoge Maasstanden kunnen worden afgesloten.



Figuur 10.26 | Impressie van de bekkervispassage bij Crèvecoeur direct na oplevering in maart 2012: één van de 22 drempels met stoorstenen.

Foto: waterschap Aa en Maas



Figuur 10.27 | De constructie van de uitstroomopening in de primaire kering van de bekkervispassage bij Crèvecoeur.

Foto: waterschap Aa en Maas

In juni 2012 zijn het debiet en stroomsnelheid door de vispassage gemeten. Op dat moment waren de klepstuwen vrijwel geheel gestreken. Het debiet bedroeg toen $3,25 \text{ m}^3/\text{s}$,

slechts iets minder dan het ontwerpdebiet dus. De stroomsnelheden in het midden van een bekken liep op tot iets boven de 1 m/s. Aan de randen en dicht bij de bodem was de stroomsnelheid (veel) lager.

Kort na aanleg bleek bij verschillende drempels achterloopsheid te zijn ontstaan. De houten damwanden waren bij aanleg in de klei gezet, maar dit heeft achterloopsheid niet kunnen voorkomen. Dit is later opgelost door meer breukstenen rondom de damwanden aan te brengen.

In de dichtzetconstructie bij de instroomopening van de vispassage is bij aanleg een visteller geïnstalleerd (Logic Fish Counter van de Schotse firma Aquantic Ltd.; zie § 6.3). Hiervan zijn nog geen monitoringsresultaten beschikbaar.

Boven Mark - Bieberg

In 2003 is bij stuw Bieberg in de Boven Mark in een bypass een vispassage aangelegd met acht v-vormige drempels met vertical slots. De stuw ligt in de omgeving van een zogenaamde Natte Natuurparel. Om het peil in de natuurparel in droge perioden niet te veel uit te laten zakken heeft de vispassage twee openingen naast elkaar. De eerste opening is een automatisch afsluitbaar venster dat zorgt voor de vismigratie bij normale en hoge waterstanden. Als het bovenstroomse peil te ver uitzakt, sluit het venster en kan migratie plaats vinden via een v-vormig drempel naast het venster. Deze bevat geen vertical slot en het peil kan dus niet verder uitzakken dan het laagste punt van de 'v'.

Ongeveer 500 m stroomafwaarts van de stuw komt de nevengeul uit in de hoofdloop van de Boven Mark. Om te zorgen dat de vis toch de lokstroom van de vispassage kan waarnemen, bevat de uitstroomopening een knijpconstructie. De breedte van de knijpconstructie is een afweging geweest tussen enerzijds de stroomsnelheid in de uitstroomopening en anderzijds het bereik van de lokstroom in de hoofdloop. Dit resulteerde in een lokstroom die bij normale afvoeren tot aan de overkant van de hoofdloop reikt en een stroomsnelheid die in de uitstroomopening beneden de 1 m/s blijft. In 2005 is de werking van deze vispassage onderzocht met een fuik.⁽⁴⁵⁾ De vangst bestond in hoofdzaak uit de algemeen voorkomende soorten als blankvoorn, kolblei en brasem. Daarnaast passeerden ook typische doelsoorten als winde en kopvoorn en bodemgebonden soorten als riviergrondel en paling de vispassage. In de fuik werden zowel kleine als grote vissen aangetroffen. In 2005 en 2006 heeft ook monitoringsonderzoek plaatsgevonden met een Fish Counter (zie § 6.3). Uit de waarnemingen met de Fish Counter bleek dat de stroomopwaartse migratie overeenkwam met de fuikvangsten.⁽⁴⁵⁾ Daarnaast registreerde de Fish Counter in 2005 ook een aanzienlijke stroomafwaartse migratie van vissen (in omvang ongeveer één derde van de vissen die stroomopwaarts trokken). Aangenomen werd dat het vooral stroomopwaartse migrerende vissen betrof, die de fuik als barrière ervoeren en weer terugzwommen.

In 2006 vond alleen monitoring met de Fish Counter plaats.⁽⁵³⁾ Toen was het aandeel stroomafwaartse migrerende vissen lager en dit onderstreept dat vissen in 2005 de fuik als een barrière ervoeren. Daarnaast vond in 2006 de stroomafwaartse migratie vooral plaats in de periode dat de stuw hoog was opgetrokken en de vispassage de enige mogelijkheid was voor vissen om stroomafwaarts te migreren. Op basis van de waarnemingen met de Fish Counter wordt aangenomen dat bij normale stuwstanden de stroomafwaartse vismigratie in hoofdzaak over de stuw plaatsvindt.

Uit de resultaten van beide onderzoeken blijkt dat de vispassage goed functioneert, ondanks het feit dat de inzwemopening ver benedenstrooms van de stuw ligt.

Dommel - Vughterstuw

Bij de Vughterstuw in de Dommel is in 2003 een bekkervispassage in een bypass aangelegd om deze beek weer optrekbaar te maken vanuit de Dieze. De passage bestaat uit zes drempels met een ontworpen peilsprong van 9 cm per drempel.

In elke drempel is centraal een vertical slot opgenomen van 30 cm breed met een diepte van ruim 100 cm hoog (zie figuur 10.28). Door de forse vertical slot wordt ruimschoots voldaan aan de minimumeis van een lokstroom van 10% van de hoofdstroom, zelfs bij hogere afvoeren. Aan de bodem zijn de doorzwemopeningen in de vertical slots circa 200 tot 250 cm lang, waardoor ze mogelijk een obstakel vormen voor minder snel zwemmende vissen. Om de stroomsnelheid in de vertical slots te breken zijn voor en achter de slots grote stortstenen geplaatst.



Figuur 10.28 | Aanleg van de vispassage om de Vughterstuw. De vertical slots (damwand) en grote stoorstenen voor en achter de slots zijn goed zichtbaar.

Foto: waterschap De Dommel

In 2005 is zowel het ecologisch als hydraulisch functioneren van de vispassage onderzocht.⁽²⁸⁾ Uit dit onderzoek bleek dat de vispassage passeerbaar is voor zowel kleine als grote exemplaren van verschillende vissoorten. In de bovenstroomse fuik zijn onder andere riviergrondel, serpeling en rivierprik aangetroffen; de doelsoorten biermpje en winde werden echter niet gevangen. In het onderzoek zijn vooral kleine exemplaren aangetroffen. De onderzoekers vermoedden dat het nagenoeg ontbreken van grote vissen kwam door de vangstopstelling, niet doordat de vispassage voor grote vissen een barrière zou vormen.

11

Hellingvispassage



Vuistregels

Stroomsnelheid

Maximaal 1,5 m/s.

Peilsprong

N.v.t.

Waterdiepte

Minimaal 20-30 cm, afhankelijk van doelsoorten.

Aantal kamers/bekkens

N.v.t.

Rustgelegenheid

Kuilen als rustzones bij verval groter dan 1,5 m.

Energiedemping

N.v.t.

Helling

Maximaal 1:25.

Lokstroom

N.v.t.

Uitstroomopening

Moet goed aansluiten op waterbodem.

Instroomopening

Moet goed aansluiten op waterbodem.

Afvoer

Minimaal 50-100 l/s.

Peilregulatie

N.v.t.

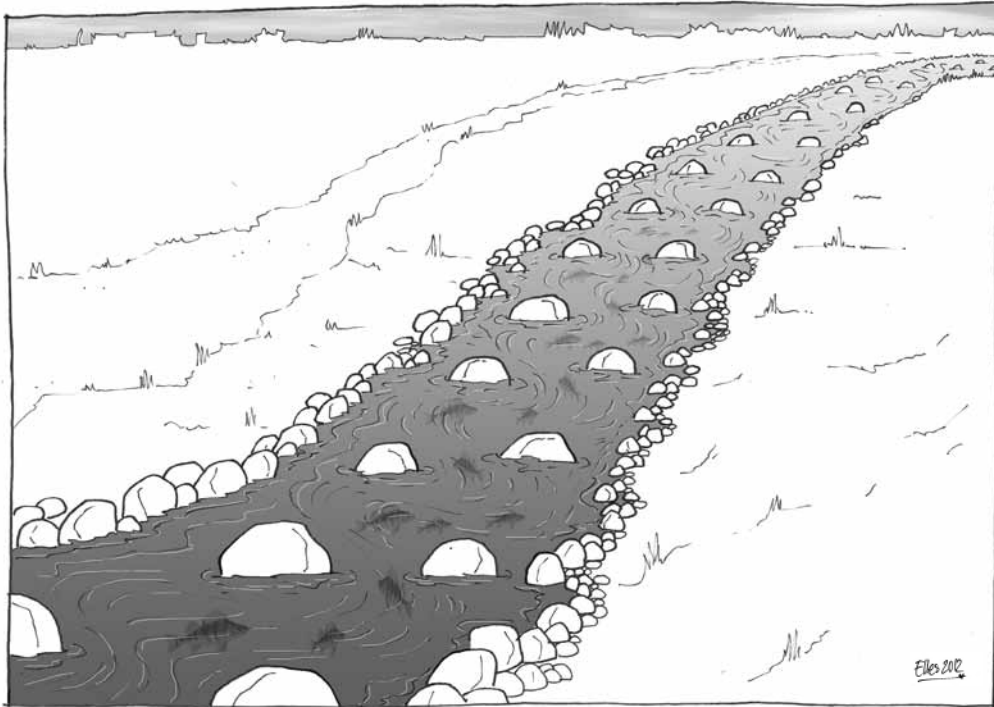
Voordelen

- Geschikt voor natuurlijke peilfluctuaties (bij voldoende afvoer).
- Makkelijk te realiseren.
- Gering ruimtebeslag (in de waterloop).
- Relatief goedkoop.

Nadelen

- Weinig informatie bekend over het functioneren.
 - Vooral geschikt voor goede zwemmers en bodemgebonden soorten.
 - (Nog) geen standaard uitgewerkt ontwerp.
 - Functioneren is sterk afhankelijk van de beschikbare afvoer.
-

11 Hellingvispassage

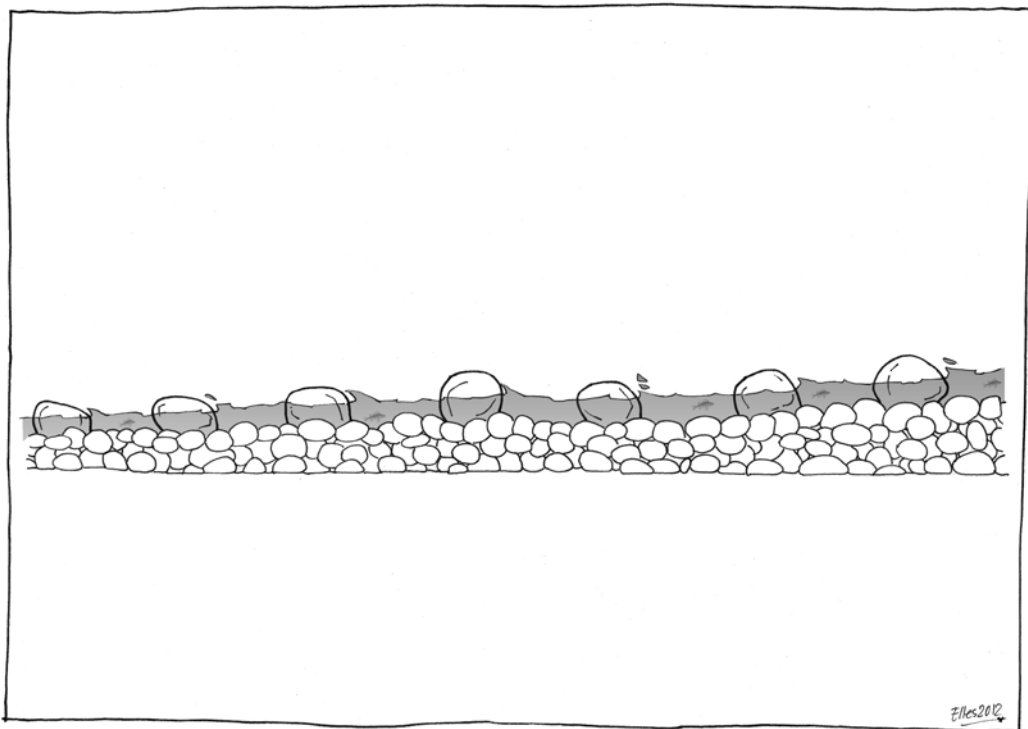


De hellingvispassage is een natuurlijk ogende vispassage die wordt aangelegd in de hoofdloop. De passage vervangt de voormalige barrière, en bestaat uit een licht hellende waterbodem, bekleed met stenen en obstakels, zoals ruststenen en natuurlijk hout. De stenen en obstakels remmen de stroming en zorgen voor stromingsluwe plekken. De hellingvispassage wordt in Noord-Brabant sinds 1994 toegepast in kleine bovenlopen van beken.

Hoofdlijnen

De hellingvispassage wordt vooral toegepast in smalle bovenloopjes met geringe afvoeren, waar kleine stromingsminnende vissoorten tot de doelsoorten behoren. Andere vispassages zijn in dergelijke beekjes vaak niet mogelijk of vragen om een onevenredig grote investering. De hellingvispassage is zeer geschikt om een gering verval op te vangen voor een duiker of ter vervanging van een stuw of bodemval. De passage vervangt deze barrière; de oorspronkelijke barrière wordt verwijderd of 'verdwijnt' onder de helling. Hellingvispassages komen in de hoofdloop van de beek te liggen. Er is dus geen extra ruimte langs de beek nodig.

In Noord-Brabant heeft vooralsnog alleen waterschap Brabantse Delta hellingvispassages aangelegd, voornamelijk bij een herinrichtingsproject in het Chaamse bekenstelsel in 2010. Ook elders in Nederland zijn maar weinig hellingvispassages aangelegd. Daardoor is er weinig bekend over de werking. Bij monitoring van drie hellingvispassages in de Chaamse beken in het voorjaar van 2012 waren de vangsten gering. Desondanks bleken verschillende soorten en lengteklassen de vispassages te gebruiken.



11.1 Functionele eisen vanuit vissen

Stroomsnelheid

Als bovengrens van de stroomsnelheid in vispassages wordt normaal gesproken 1 m/s aangehouden. Een goed aangelegde hellingvispassage biedt echter veel vluchtplaatsen in de vorm van obstakels (stenen en/of hout), waardoor de maximale stroomsnelheid iets hoger mag zijn. In deze handreiking gaan we daarom uit van een maximale stroomsnelheid van 1,5 m/s. Deze stroomsnelheid komt overeen met de sprintsnelheid van biermpje, vaak een belangrijke doelsoort in beken waar hellingvispassages gerealiseerd worden.

Peilsprong

Een hellingvispassage kent geen kamers of bekkens en heeft dus ook geen peilsprongen.

Doorzwemhoogte en -breedte

De vereiste doorzwemhoogte is afhankelijk van de doelsoorten. In bovenloopjes waar vooral kleinere of bodemgebonden vissen tot de doelsoorten behoren, volstaat een minimale diepte van circa 20 cm. Als eveneens grotere soorten als snoek de hellingvispassage moeten passeren, moet gestreefd worden naar een minimale diepte van 30 cm.

De doorzweembreedte tussen obstakels op de hellingvispassage bedraagt minimaal 30 cm.⁽⁴⁶⁾ Als de afvoer beperkt is en de doelsoorten van gering formaat, kan analoog aan de doorzwemhoogte gekozen worden voor een kleinere doorzweembreedte van minimaal 20 cm. De daadwerkelijke afstand tussen de obstakels is mede afhankelijk van de grootte van de obstakels (zie § 11.3).

Turbulentie en energiedemping

Een hellingvispassage kent geen kamers of bekkens. Daardoor is het niet mogelijk om de energiedemping te berekenen. Bij een goed ontwerp en een goede aanleg vormt dit geen probleem voor de vispasseerbaarheid.

Rustgelegenheid

Als het verval van de barrière groter is dan 1,5 m zijn rustzones nodig in de vorm van kuilen.⁽⁴⁶⁾ Door zijn relatief beperkte lengte ligt een hellingvispassage vaak in een min of meer recht deel van een beek, waardoor natuurlijke stromingsprocessen over het algemeen ontbreken. Daardoor zullen rustkuilen niet vanzelf ontstaan. In het ontwerp moet dus rekening gehouden worden met de aanleg van dergelijke kuilen. De kuilen moeten verstevigd worden, om te voorkomen dat de wanden instorten en regelmatig onderhoud is nodig om de kuilen op diepte te houden.

Lokstroom

Aan de lokstroom worden geen eisen gesteld, aangezien een hellingvispassage de volledige breedte van een waterloop beslaat en alle afvoer door de vispassage gaat.

In- en uitstroomopeningen

Aangezien de hellingvispassage de volledige breedte van de waterloop beslaat, is er geen specifieke aandacht nodig voor de in- en uitstroomopeningen. Wel moet de bodem van de vispassage goed aansluiten op de bodem van de waterloop, zowel stroomaf- als -opwaarts.

Stroomafwaartse migratie

Stroomafwaartse migratie is bij een hellingvispassage goed mogelijk. De vissen kunnen zich passief of actief met de stroming mee verplaatsen. Er is bij de hellingvispassage geen extra aandacht of aanpassing nodig voor stroomafwaartse migratie.

11.2 Randvoorwaarden vanuit (water)beheer

Afvoer en peilen

Een hellingvispassage vraagt een debiet van minimaal 50-100 l/s. Een hellingvispassage heeft een opstuwende werking, maar niet anders dan de bodemval, stuw of andere barrière die voorheen aanwezig was. In de meeste gevallen beslaat de hellingvispassage een beperkte lengte en is er geen sprake van vernatting of verdroging in aanliggende gronden.

Erosie en sedimentatie

Na de aanleg van een hellingvispassage kan oevererosie optreden. Om dit te voorkomen moeten de oevers worden versterkt met stortstenen en zo nodig vastgelegd in beton.

Peilregulatie

Anders dan de opstuwende werking biedt een hellingvispassage geen mogelijkheden om het peil te reguleren.

11.3 Kenmerken

Het *Handboek Vismigratie* ⁽⁴⁶⁾ geeft de volgende richtlijnen voor het ontwerp van een hellingvispassage:

- Een hellingvispassage bestaat uit een licht hellende waterbodem met een talud van maximaal 1:25.
- Onregelmatige plaatsing van de obstakels (bijvoorbeeld grotere breukstenen als stoorstenen) zorgt voor een gevarieerd stromingspatroon. Bij gebruik van breukstenen dient de diameter van de stoorstenen ongeveer gelijk te zijn aan de waterdiepte;
- De gemiddelde afstand tussen de obstakels in de stroomrichting en dwars op de stroomrichting is ongeveer gelijk. Deze afstand komt overeen met 2,5 keer de gemiddelde diameter van de obstakels. Dus bij bijvoorbeeld stoorstenen met een gemiddelde diameter van 30 cm liggen de stenen op circa 75 cm afstand van elkaar. Ongeacht de grootte van de obstakels moet de onderlinge afstand echter minimaal 30 cm bedragen. Als de doelsoorten beperkt van formaat zijn, kan overwogen worden te kiezen voor een kleinere doorzweembreedte.⁽¹⁹⁾

In 2010 heeft waterschap Brabantse Delta ruim tien hellingvispassages aangelegd op basis van een globaal ontwerp. De vispassages zijn opgebouwd uit achtereenvolgens:

- een dam aan stroomopwaartse zijde tot circa 1 m in het talud;
- grondkerend doek (vastgemaakt aan de dam en over volledige lengte van hellingvispassage);
- kleine sortering breuksteen (circa 200 mm) die:
 - bij aansluiting stroomafwaarts tot circa 20 à 30 cm in de bodem doorloopt;
 - bij aansluiting stroomopwaarts 5 à 10 cm boven de bodem uitsteekt;
 - langs de oevers doorloopt tot de onderste meter van het talud;
- grotere sortering breuksteen (300-400 mm) als stoorstenen, afstand 75 cm in breedte- en lengterichting (minimaal 30 cm);
- beton tussen breukstenen, zodanig dat de stenen 5 tot 10 cm boven het beton uitsteken.

De figuren 11.1 en 11.2 laten twee voorbeelden van hellingvispassages zien.



Figuur 11.1 | Voorbeeld van een stenen hellingvispassage in de Grootte Heikantsche beek (onderdeel van Chaamse bekenstelsel).

Foto: waterschap Brabantse Delta

11.4 Hydraulische berekeningen

Het hydraulisch ontwerp van een stenen hellingvispassage is vooral praktisch van aard. De lengte is afhankelijk van het verval. De maximale helling bedraagt 1:25. Bij een verval van meer dan 1,5 meter wordt de lengte groter, omdat er rustzones in de hellingvispassage moeten worden aangelegd. Een dwarsdoorsnede van een stenen hellingvispassage bestaat uit grote stoorstenen met daartussen één of meer doorstroomopeningen. Desgewenst kan met de formule van Manning een benadering van de stroomsnelheid verkregen worden.



Figuur 11.2 | Voorbeeld van een stenen hellingvispassage in de Strijbeekse Beek.

Foto: waterschap Brabantse Delta

11.5 Materialen

Een hellingvispassage bestaat uit obstakels in de vorm van stenen of hout. Grof breuksteen verdient de voorkeur. Dit hoekige materiaal breekt de waterstroming maximaal en spoelt het minst makkelijk weg. Gladde, afgeronde rivierkeien worden niet gebruikt. Voor de landschappelijke inpassing is hout te verkiezen, maar er is nog weinig ervaring met hellingvispassages van dit materiaal. Een aandachtspunt bij het gebruik van hout vormt de levensduur van de vispassage. Daarom wordt hout afgeraden bij hellingvispassages die volledig droog vallen. Een voordeel van hout ten opzichte van steen is de grotere lengte van de boomstammen: ook bij een grote waterschijf kan hout de stroming over de volledige waterkolom breken. Het gebruik van hout ligt dan ook vooral voor de hand bij hellingvispassages met een groot debiet.

11.6 Beheer en onderhoud

Bij de hellingvispassage bestaat het beheer en onderhoud voor een groot deel uit controle en het verwijderen van eventuele verstoppingen. De vispassage dient voorafgaand aan de paaitrek, in februari nagelopen te worden op verstoppingen. Tijdens de migratieperiode moet regelmatig controle plaatsvinden, minimaal één keer per maand. Als een hellingvispassage rustkuilen bevat, kan uit de controles blijken dat het nodig is om deze kuilen weer op diepte te brengen.

11.7 Arboret

Het is belangrijk dat een hellingvispassage goed bereikbaar is, bijvoorbeeld via een schouwpad. Vanwege val- en struikelgevaar bij onderhoudswerkzaamheden op het talud en in het water dienen de werkzaamheden altijd met minimaal twee personen uitgevoerd te worden.

11.8 Kosten

In Noord-Brabant zijn de hellingvispassages meestal als onderdeel van andere werkzaamheden gerealiseerd, waardoor het lastig is om een raming te geven van investeringskosten. Over het algemeen geldt dat de kosten voor een hellingvispassage laag zijn in verhouding met andere typen vispassages.

Het onderhoud van de bestaande hellingvispassages wordt meegenomen in de reguliere werkzaamheden. Daardoor ontbreekt inzicht in de exploitatiekosten.

11.9 Praktische punten tijdens uitvoering

Tijdens de aanleg van de vispassage is het van belang te letten op:

- de gewenste afstand tussen obstakels en hoogte van de obstakels;

- een goede aansluiting van de vispassage op de bodem boven- en benedenstrooms;
- versteviging van rustkuilen (indien van toepassing).

11.10 Ervaringen in Noord-Brabant

Waterschap Brabantse Delta realiseerde hellingvispassages op ruim tien plaatsen in de Chaamse beken, bij Riels Hoefke in de Boven Donge en bij de Langeweg in de Strijbeekse beek (zie figuur 11.1, 11.2 en 11.3).

In het voorjaar van 2012 onderzocht waterschap Brabantse Delta drie van de tien hellingvispassages in de Chaamse beken.⁽⁶⁶⁾ Voor het onderzoek selecteerde Brabantse Delta de hellingvispassages met naar verwachting de beste vispasseerbaarheid. Dit betrof vispassages in benedenstroomse delen met een geleidelijk verval en beperkte turbulentie. Hoewel bij het onderzoek weinig vissen werden gevangen, passeerden toch verschillende soorten de hellingvispassages. De beperkte vangsten waren naar verwachting eerder te wijten aan het beperkte aanbod dan aan het functioneren van de vispassages zelf. Daarnaast hadden periodiek lage afvoeren vermoedelijk een negatieve invloed op de vangsten. Daardoor stroomde er vaak weinig water over de hellingvispassages, waardoor vissen niet konden passeren.

De hellingvispassage bij Riels Hoefke in de Boven Donge is volgens Stichting Brabants Landschap onderzocht door een particulier. Hierbij zijn stroomafwaarts gemerkte bermpjes uitgezet om ze bovenstrooms terug te vangen. Uit de terugvangst bleek dat de hellingvispassage voor bermpjes functioneerde.⁽³⁵⁾ De resultaten van dit onderzoek zijn niet beschikbaar als rapport.



Figuur 11.3 | Stenen hellingvispassage bij Riels Hoefke in de Boven Donge in februari 2010. De stenen liggen onder de waterspiegel.

Foto: waterschap Brabantse Delta

12

Vertical slot vispassage



Vuistregels

Stroomsnelheid in de slots

Maximaal 1 m/s.

Peilsprong

5 à 6 cm, maximaal 8 cm.

Waterdiepte

Minimaal 50 cm.

Doorzwembreedte

Minimaal 20 cm en maximaal 40 cm.

Aantal kamers

Maximaal 35 kamers in midden- en benedenlopen, maximaal 25 kamers in bovenlopen.

Rustkamers

1 grotere rustkamer per 8 tot 10 kamers.

Energiedemping

Maximaal 100 W/m³.

Lokstroom - omvang

Minimaal 5 tot 10% van de totale afvoer.

Lokstroom - richting

Haaks op de stromingsrichting van de waterloop.

Lokstroom - locatie

Ter hoogte van de migratielinielij.

Uitstroomopening

Moet goed aansluiten op waterbodembodem.

Instroomopening

Moet goed aansluiten op waterbodembodem.

Afvoer

minimaal 150 l/s.

Peilregulatie

Stuwbediening wordt niet beïnvloed.

Dichtzetten bij droogte volgens protocol.

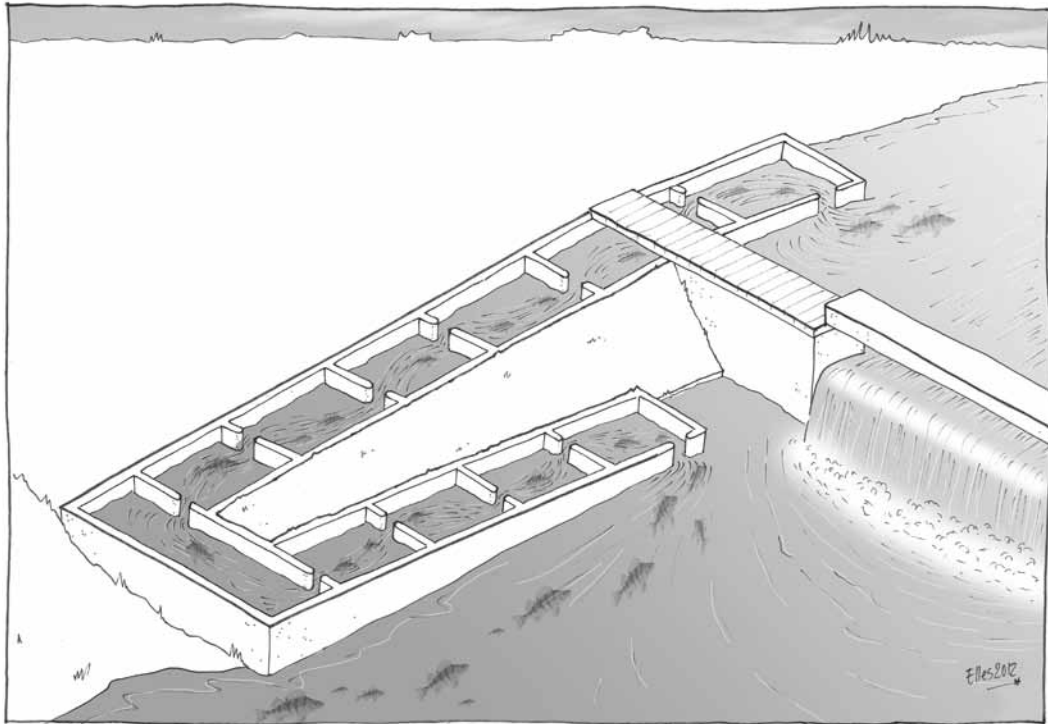
Voordelen

- Goede peilbeheersing, bij lage afvoer eenvoudig af te sluiten.
- Geschikt voor variërende peilen (bijvoorbeeld in het geval van zomer- en winterpeilen of als gevolg van afvoerfluctuaties in beken en rivieren).
- Goed te ontwerpen en realiseren en daarmee goede vispasseerbaarheid.
- Gering ruimtebeslag (lengte en breedte), geschikt voor plaatsing naast barrières.
- Vissen kunnen de hele waterkolom (hun voorkeursdiepte) gebruiken.

Nadelen

- Weinig tot geen aanvullend habitat.
 - Geringe landschappelijke waarde.
 - Weinig belevingswaarde.
 - Beperkte lokstroom (debiet door vispassage).
-

12 Vertical slot vispassage



De vertical slot vispassage is een technische vispassage die bestaat uit een langgerekte bak met tussenschotten. In deze tussenschotten zijn verticale sleuven aangebracht, de zogenaamde 'vertical slots'. De vertical slots lopen van de bodem tot aan de bovenzijde van de vispassage. Migrerende vissen kunnen daardoor op hun voorkeursdiepte door de vispassage zwemmen, over de bodem of hoger in de waterkolom. De vertical slot vispassage wordt vooral toegepast in midden- en benedenlopen met een redelijke tot hoge afvoer. De vispassage is geschikt voor locaties waar stuwen voor het peilbeheer nodig zijn, of waar (te) weinig ruimte of geld is om een (natuurlijke) bypass aan te leggen. Hoewel de vispassage goed werkt, wordt dit type in Noord-Brabant relatief weinig toegepast.

Hoofdlijnen

De vertical slot vispassage bestaat uit een langgerekte bak met tussenschotten, waardoor verschillende kamers ontstaan. In de tussenschotten zijn verticale sleuven (slots) aangebracht. Op de bodem van de kamers ligt onder een flauwe helling een laag kleine sortering stortsteen, zodat een traploze bedding ontstaat. Enkele grotere stenen zorgen voor stromingsluwe plekken. Meestal verspringen de vertical slots afwisselend links en rechts van de lengteas van de vispassage, zodat een slingerend stromingspatroon ontstaat. De vertical slots kunnen ook in één lijn links of rechts van de lengteas liggen. In dat geval beïnvloeden profielen aan de slots de stroming. Beide ontwerpen resulteren in afremming van de stroomsnelheid en een verlaging van de energiedemping.

De bovenkant van de vispassage ligt gewoonlijk op maaiveldniveau en is voorzien van metalen afdekroosters die voor het onderhoud gelicht kunnen worden. De roosters zorgen ervoor dat er geen mensen in de passage kunnen vallen en voorkomen ook dat er vuil in de passage terecht komt. Door de roosters is de waterstroming zichtbaar en hoorbaar, waardoor eventuele verstoppingen gemakkelijk ontdekt en gelokaliseerd kunnen worden. Om verstoppingen te voorkomen is het nodig stroomopwaarts een drijfbalk en vuilrooster aan te brengen.

De vertical slot vispassage is weinig gevoelig voor peilverschillen. Hoewel vertical slot vispassages goed werken, is dit type in Noord-Brabant relatief weinig toegepast. Dit wordt mede veroorzaakt doordat de Brabantse waterbeheerders in beken vaak kiezen voor een meer natuurlijke vispassage, zoals de bekkervispassage.

De De Wit-vispassage (zie hoofdstuk 13) is afgeleid van de vertical slot vispassage. Een De Wit-vispassage is geschikt voor waterlopen met lagere afvoeren. Ook in bekkervispassages (zie hoofdstuk 10) worden soms vertical slots aangebracht in de drempels.

12.1 Functionele eisen vanuit vissen

Stroomsnelheid

Het verval over de vispassage, de afvoer door de passage en de slotbreedte bepalen de peilsprong per kamer en de stroomsnelheid in de vispassage. Als bovengrens voor de stroomsnelheid wordt normaal gesproken 1 m/s aangehouden. Wanneer de waterdiepte in alle kamers vergelijkbaar is, zal de stroomsnelheid tussen de kamers hooguit beperkt fluctueren als gevolg van verschillen in peilsprong. Als de waterhoogte in de slots verschilt, kent de slot met de laagste waterstand de hoogste stroomsnelheid. Daarmee is dat slot bepalend voor de berekening van de maximale stroomsnelheid en dus voor de toelaatbare afvoer door de vispassage.

Het aanbrengen van een slingerend stromingspatroon door de vispassage zorgt voor afremming van de stroming en het ontstaan van stromingsluwe zones.

Peilsprong

De vertical slot vispassage is weinig gevoelig voor peilverschillen en kan in theorie het hele jaar functioneren. Voorwaarde is wel dat het totale peilverschil over de vispassage niet te groot wordt, omdat daarmee ook de peilsprong per kamer te groot wordt. Als gevolg van wisselende waterpeilen kunnen de peilsprong per kamer en de stroomsnelheid variëren.

Als maximum peilsprong voor een vertical slot vispassage geldt 8 cm. Wij adviseren echter een kleinere peilsprong van 5 à 6 cm per kamer.⁽⁶⁸⁾ Bij een grotere peilsprong moeten de dimensies van de kamers vergroot worden om te veel turbulentie tegen te gaan.

In de praktijk blijkt dat in een vertical slot vispassage geringe verschillen in peilsprong over de slots ontstaan. Dit treedt vooral op bij hoge debieten. De peilsprong over de meest bovenstroomse slot is in dat geval het grootst.

Doorzweemhoogte en -breedte

In vertical slot vispassages beslaat de doorzweemhoogte de volledige waterkolom. Vissen kunnen daardoor op alle gewenste dieptes passeren. De doorzweemhoogte moet minimaal 50 cm zijn.⁽⁴⁶⁾

De breedte van de vertical slot is afhankelijk van de soort en lengte van de vissen waarvoor de vispassage is ontworpen. Een brede vertical slot heeft een hogere afvoer in de slot tot gevolg. De doorzweembreedte kan variëren van 20 cm voor een geringe afvoer tot 40 cm voor een grotere afvoer. Tabel 12.1. geeft een overzicht van de grootste gevangen vissen bij verschillende slotbreedtes van onderzochte vertical slot vispassages in de Aa of Weerij. Vanaf een slotbreedte van 20 cm bleken grote vissoorten als brasem, winde en snoek goed door vertical slot vispassages kunnen zwemmen. Overigens bleken ook kleine vissen alle onderzochte vispassages goed te kunnen passeren.

Tabel 12.1 | Monitoringsgegevens vertical slot in de Aa of Weerij.

Locatie	Slotbreedte (cm)	Grootste vis	Lengte (cm)	Literatuur
Tweegelanden	20	snoek	77	5
Watermolen	31	karper	84	49
Wernhout	34	snoek	85	49
Wielhoef	42	snoek	88	49

Turbulentie en energiedemping

De turbulentie in de vispassage wordt onder andere bepaald door het stromingspatroon en het volume van de kamers. Om vissen de mogelijkheid te bieden door de vispassage te zwemmen, moet de turbulentie voldoende beperkt worden. Paragraaf 3.4 gaat hier uitgebreid op in.

Rustgelegenheden

Deze handreiking geeft als vuistregel om in vispassages vanaf acht à tien kamers ongeveer per zeven kamers een rustkamer te realiseren. In deze grotere kamers is minder turbulentie en liggen meer of grotere ruststenen. Het aantal gewone kamers tussen de rustkamers wordt verder stroomopwaarts bij voorkeur steeds kleiner. Voor een vispassage van twintig kamers zijn bijvoorbeeld vanaf de uitstroomopening de achtste en vijftiende kamer groter gedimensioneerd. Het aantal gewone kamers is dan achtereenvolgens zeven, zes en vijf. Als vuistregel voor de afmeting van de rustkamers geldt dat ze anderhalf tot twee keer de lengte en de breedte van de gewone kamers hebben. Voor de constructie kan het wenselijk

zijn de breedte voor rustkamers en voor de gewone kamers gelijk te kiezen. In dat geval adviseren wij voor de rustkamers minimaal twee keer de lengte van een gewone kamer te nemen.

Lokstroom

De aantrekkingskracht van een vertical slot vispassage is afhankelijk van de grootte van de lokstroom, de richting van de lokstroom en de locatie van uitstroomopening (zie ook § 2.7).

Over het algemeen is de afvoer door een vertical slot vispassage relatief laag. Daarom moet de lokstroom haaks op de waterloop staan. De lokstroom komt dan ver in de waterloop en heeft de grootste aantrekkingskracht. Eventueel kan er voor gekozen worden de lokstroom te geleiden met bijvoorbeeld een betonnen wand (zie figuur 12.1).



Figuur 12.1 | Vertical slot vispassage Tweegelanden in de Aa of Weerij. De doorlopende betonnen wand en de vorm ervan zorgen voor een goede geleiding van de lokstroom, waardoor vissen de vispassage goed weten te vinden.

Foto: waterschap Brabantse Delta

De juiste locatie van de uitstroomopening is belangrijker dan de richting van de lokstroom. De uitstroomopening moet uitkomen ter hoogte van de migratielimietlijn.⁽⁴⁶⁾ Als de ligging van de migratielimietlijn niet bekend is, kan als vuistregel worden genomen dat de uitstroomopening aan de rand van het stortebed of woelbak van de stuw wordt geplaatst.⁽⁵⁰⁾

Soms stellen adviesbureaus voor vanuit kostenoverwegingen de vispassage via duikers met de waterloop te verbinden. Als de diameter van de duiker kleiner is dan de diepte van de waterloop, bestrijkt de uitstroom mogelijk niet meer de volledige hoogte van de waterkolom. In dat geval heeft de duiker een negatieve invloed op de lokstroom. Daarnaast kan de lokstroom kracht verliezen, omdat deze niet meer geknepen uit een slot komt, maar over de gehele diameter van de duiker in de waterloop stroomt.

Het is beter de vispassage van boven af gezien in een U-vorm om de stuw te positioneren, zodat de meest boven- en benedenstroomse kamer (of de doorlopende wanden daarvan) uitkomen in de waterloop; zie figuur 12.2.

Als toch besloten wordt duikers te gebruiken voor de verbinding met de waterloop moet de dwarsdoorsnede van de duikers groter zijn dan de doorstroomopening van de slots. Anders kan de stroming in de duikers te hoog worden, waardoor een barrière voor minder goede zwemmers ontstaat.

In het ideale geval bereikt de lokstroom uit een vispassage de overkant van de waterloop, maar bij vertical slot vispassages wordt dit vaak niet gehaald. Dit geldt zeker voor vispassages die dicht onder de stuw uitkomen, ter hoogte van de migratielijn. Daardoor mengt de lokstroom zich met het water dat over de stuw stroomt. Maar doordat de uitstroomopening in dat geval dicht bij de stuw ligt, weten vissen de ingang van de vispassage dan meestal toch wel te vinden. Desgewenst kan op de waterbodem een rij van stortstenen dwars op de stromingsrichting worden aangebracht, die bodemgebonden vissen naar de ingang van de vispassage leidt.

Waterschap Brabantse Delta zet bij stuwen met twee of meer kleppen naast elkaar de stuwstand van de klep aan de kant van de vispassage iets lager. Daardoor stroomt aan die kant meer water over de stuw, wat de migrerende vissen naar verwachting richting de uitstroom van de vispassage lokt.



Figuur 12.2 | Vertical slot vispassage Bakkebrug in de Aa of Weerij. Van bovenaf gezien ligt de vispassage (bij benadering) in een U-vorm, zodat geen duikers nodig zijn voor de verbinding met de waterloop; stroomafwaarts staat de vispassage haaks op de beek, zodat de lokstroom de grootste aantrekkingskracht heeft.

Foto: waterschap Brabantse Delta

Uitstroomopening

De bodem van de vispassage moet goed aansluiten op de bodem van de waterloop. Bij een verschil tussen betonconstructie en waterbodem kan een goede aansluiting tot stand worden gebracht door de breuksteen uit de vispassage onder een flauw talud door te laten lopen tot in de waterloop. Voor stroomopwaartse migratie is het vooral van belang dat de bodem van de uitstroomopening goed aansluit op de waterbodem.

Instroomopening en stroomafwaartse migratie

De instroomopening ligt meestal dichtbij de stuw en moet daardoor goed te vinden zijn voor stroomafwaarts migrerende vissen. Probleem kan echter zijn dat het grootste deel van de afvoer over de stuw gaat, waardoor vissen de vispassage moeilijk kunnen vinden. Daarom moet de bodem van de instroomopening goed aansluiten op de bodem van de waterloop (zie ook onder uitstroomopening).

De instroomopening van de vispassage mag niet te dicht bij de stuw liggen. Anders bestaat de kans dat vissen die de vispassage verlaten, terugstromen over de stuw. Er is geen vuistregel voor de minimale afstand tussen de instroomopening en de barrière (zie verder hoofdstuk 2).

12.2 Randvoorwaarden vanuit (water)beheer

Afvoer en peilen

Een vertical slot vispassage met een doorzweemhoogte van minimaal 50 cm en slotbreedte van 20 cm vraagt een ontwerpdebiet van minimaal 150 l/s. Een vertical slot vispassage heeft geen peilverhogend effect en evenmin invloed op grondwaterstanden.

Erosie en sedimentatie

Een vertical slot vispassage ligt meestal ingegraven naast een stuw of in het talud van een watergang. In combinatie met de technische constructie maakt dit de passage weinig gevoelig voor erosie. Aandachtspunt zijn de aansluitingen van de vispassage op de waterloop. Op deze plaatsen kan de oever gaan eroderen. Daarom dient de oever op die plek te worden verstevigd met bijvoorbeeld stortstenen of hout (zie figuur 12.3).



Figuur 12.3 | Versteviging van de oevers bij de uitstroomopening van vertical slot vispassage Everlanden in de Molenbeek.

Foto: waterschap Brabantse Delta

De stroming in de vertical slot vispassage is over het algemeen groter en turbulenter dan in de waterloop. Er zal daardoor normaal gesproken weinig sedimentatie in de kamers van de vispassage plaatsvinden.

Peilregulatie

De vertical slot vispassage is weinig gevoelig voor peilverschillen (zie § 12.1, peilsprong). Aangezien de vispassage meestal naast de stuw ligt, blijft het mogelijk om het peil in de waterloop te reguleren. Aan de instroomzijde van de vispassage dient een makkelijk te bedienen dichtzetconstructie te worden gemonteerd, zodat de vispassage bij lagere afvoeren dichtgezet kan worden. Met de stuw kan de peilbeheerder dan het gewenste bovenstroomse streefpeil handhaven. Bij voorkeur betreft het een dichtzetconstructie met twee standen; geheel open of volledig dicht. Anders bestaat het risico dat de beheerder de dichtzetconstructie deels dichtzet om water te sparen (vast te houden). De stroomsnelheid in de resterende opening kan dan zo groot worden dat vissen daar niet meer tegenin kunnen zwemmen. Desondanks is in dat geval stroming hoorbaar en van bovenaf zichtbaar en kan het daardoor lijken dat de dichtzetconstructie volledig open staat en de vispassage functioneert. Ook als een vispassage bijvoorbeeld met een spindelschuif deels

dichtgezet kan worden, moet de vispassage daarom toch volledig open of volledig dicht staan. Vergissingen door te denken dat de vispassage open staat, terwijl deze deels dicht staat, zijn daardoor uitgesloten.⁽¹⁴⁾

12.3 Kenmerken

Uit de dimensies van de aangelegde vispassages in Noord-Brabant kan het onderstaande basisontwerp voor een vertical slot vispassage afgeleid worden:

Kamerlengte	minimaal 150 cm
Kamerbreedte	minimaal 120 cm
Breedte slots	minimaal 20 cm en maximaal 40 cm
Rustkamer - dimensie	anderhalf tot twee keer lengte en breedte van gewone kamer
Rustkamer - aantal	gemiddeld één per zeven gewone kamers

Kamerafmetingen

De verhouding van de bovenstaande lengte en breedte komen overeen met de algemene lengte-breedteverhouding voor kamers, die volgens testen van Katopodis blijkt te voldoen.⁽³⁶⁾ Desondanks kan overwogen worden te kiezen voor kamers die breder dan lang zijn, net als bij het standaardontwerp voor De Wit-vispassages. De tussenschotten breken namelijk het water dat door de slots stroomt. Des te dichter het volgende schot bij de slot staat, des te eerder de stroming wordt gebroken. Dit resulteert in lagere afvoercoëfficiënten (zie ook § 13.4) en bijgevolg tot een relatief laag debiet. Het resultaat is dat bij grotere peilsprongen de stroomsnelheid toch lager blijft dan 1 m/s. Omgekeerd betekent dit dat als een groot debiet door de vispassage gewenst is, de kamers juist langer moeten worden.⁽⁵⁵⁾ Voor de vispasseerbaarheid lijkt de verhouding tussen breedte en lengte van de kamers niet uit te maken. Hierbij is de afstand tussen de slots vermoedelijk belangrijker.⁽⁷⁶⁾

Plaatsing van de slots

Bij vrijwel alle vertical slot vispassages in Brabant verspringen de slots afwisselend links en rechts in de schotten tussen de kamers. In het beheergebied van waterschap Brabantse Delta is echter ook een vispassage met de slots in één lijn. In dat geval zorgt de 'schuine' plaatsing van de slots en een profiel aan de slots voor de gewenste stromingsluwe zones (zie figuur 12.4 en 12.5). De verhouding tussen de breedte en de lengte van de kamers is van invloed op de locatie en vooral ook op omvang van de stromingsluwe zones (zie § 12.4). Bij verspringende slots moeten de vissen in elke kamer door de stroombaan.⁽⁷⁶⁾ Uit monitoring blijkt echter dat dit geen probleem vormt voor de vispasseerbaarheid. De vispassages met afwisselend de slots links en rechts zijn makkelijker in constructie, omdat geen profielen bij de slots nodig zijn om de stroming te 'sturen'. Dit kan een overweging zijn om te kiezen voor de variant met verspringende slots.



Figuur 12.4 | Slots in één lijn in vispassage Tweegelanden in de Aa of Weerijs.

Foto: waterschap Brabantse Delta



Figuur 12.5 | Verspringende slots in vertical slot vispassage Everlanden in de Molenbeek.

Foto: waterschap Brabantse Delta

Afwerking van de slots

De randen van de slots dienen rond of eventueel schuin te worden afgewerkt. Bij betonnen schotten moet hiermee in de mallen voor het betonstorten al rekening worden gehouden. In het geval van stalen schotten dient er een buis (diameter > 40 mm) op de randen gelast te worden (zie figuur 12.6).

Stortsteen en ruststenen

Om de passeerbaarheid voor bodemgebonden soorten en minder goede zwemmers te verbeteren wordt op de bodem van de kamers kleine stortsteen (sortering tot 150 mm) aangebracht. Aanvullend worden in de kamers twee à drie ruststenen aangebracht, zodat stromingsluwe plekken ontstaan (zie figuur 12.7). Het aantal stenen per kamer is afhankelijk van de grootte van de beschikbare stenen. Bij voorkeur worden stenen met een diameter van 20 à 40 cm op minimaal 30 cm afstand van de slots geplaatst. Van de ruststenen mag maximaal de helft in de stroombaan tussen de slots liggen. De onderlinge afstand van de ruststenen moet gelijk of groter zijn dan de breedte van de slots.⁽⁶⁸⁾



Figuur 12.6 | Afgeronde slots in een kamer van vertical slot vispassage Egeldonk in de Aa of Weerij

Foto: waterschap Brabantse Delta



Figuur 12.7 | Grotere ruststenen in de rustkamer van vertical slot vispassage Everlanden in de Molenbeek.

Foto: waterschap Brabantse Delta

Afdekking

De bovenkant van een vertical slot vispassage wordt meestal afgedekt met roosters. Dit heeft als bijkomend voordeel dat daglicht in de vispassage kan doordringen, zodat dagactieve vissen geen donkere ruimte in hoeven te zwemmen. Als (onderhouds) voertuigen over de vispassage moeten kunnen rijden, moet de verkeersklasse van het rooster daarop afgestemd worden. Voor het onderhoud in de vispassage moeten de roosters makkelijk gelicht kunnen worden, maar ter voorkoming van diefstal moeten de roosters wel vastzitten.

12.4 Hydraulische berekeningen

Afvoercapaciteit

Globaal kan de afvoercapaciteit van een vertical slot vispassage berekend worden met de volgende formule:

$$Q = C \cdot b \cdot y_0 \cdot \sqrt{2g \cdot \Delta h} \text{ [m}^3\text{/s]}$$

waarin:

Q afvoer door de vertical slot vispassage (m³/s)

C afvoercoëfficiënt (-)

b breedte van de vertical slot (m)

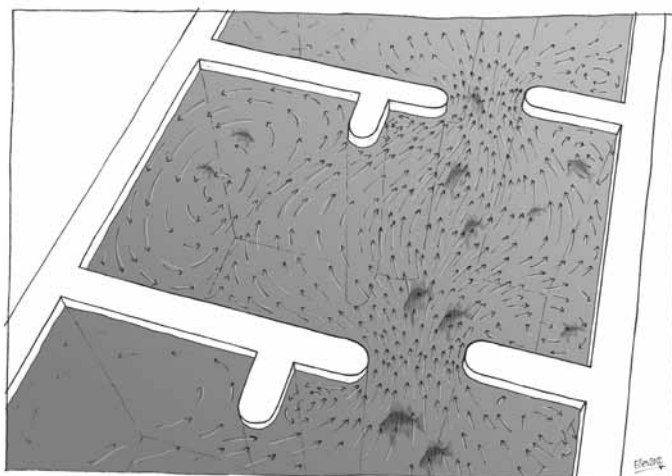
y₀ waterdiepte voor de vertical slot (m)

g zwaartekrachtversnelling (9,81) (m/s²)

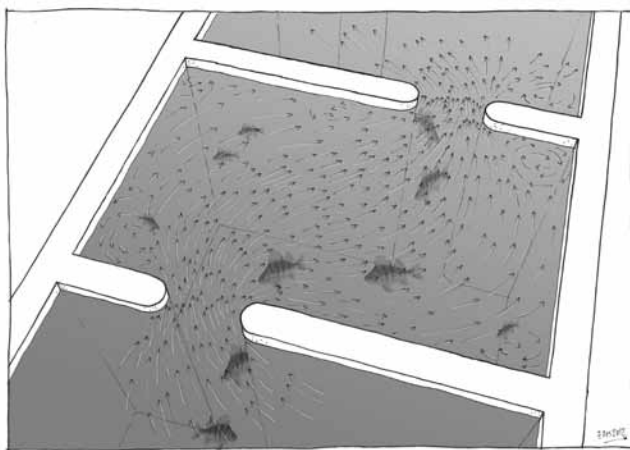
Δh verval over een vertical slot (m)

De afvoercoëfficiënt (C) varieert per ontwerp en is afhankelijk van de waterdiepte en de lengte van de kamers. Katopdis heeft voor diverse ontwerpen een afvoercoëfficiënt afgeleid.⁽³⁶⁾ Liggen de vertical slots verspringend links en rechts, dan is de afvoercoëfficiënt circa 30% kleiner dan bij een vispassage met slots die in één lijn liggen. Bij kamers met slots in één lijn vindt de vis meer rust in de kamer, maar de kamers met verspringende slots zijn gemakkelijker te passeren. In de figuren 12.8 en 12.9 is dit weergegeven met een stromingspatroon.

Naast het stromingspatroon in de kamers is ook de lengte van de kamers bepalend voor de afvoercoëfficiënt. Als de schotten dicht op elkaar geplaatst worden, dan wordt het schietend water uit een vertical slot eerder gebroken door het tegenoverliggende schot en zal er minder water door de vispassage stromen. De afvoercoëfficiënt (C) kan bij een korte kamerlengte minder dan 0,7 bedragen en bij een grote kamerlengte meer dan 0,95.⁽⁵⁵⁾



Figuur 12.8 | Stromingspatroon in een ontwerp van een vertical slot vispassage met slots in één lijn.



Figuur 12.9 | Stromingspatroon in een ontwerp van een vertical slot vispassage met verspringende slots.

Verval per slot

De minimale waterdiepte voor de slot (y_0) bedraagt 50 cm. Indien het bodemverhang van de vispassage gelijk is aan het waterspiegelverhang, dan is voor iedere kamer in de vispassage de waterdiepte gelijk en is in theorie ook de peilsprong of het verval (Δh) over ieder vertical slot gelijk. Is het waterspiegel- en bodemverhang en daarmee de waterdiepte in de kamers niet gelijk, dan veroorzaakt de meest ondiepe kamer het grootste verval en kennen de overige, diepere kamers een kleiner verval.

Stroomsnelheid

De gemiddelde stroomsnelheid in de slot kan berekend worden met de volgende formule:

$$V_{gem} = C \cdot \sqrt{2g \cdot \Delta h}$$

waarin:

V_{gem} gemiddelde stroomsnelheid in slot (m/s)

C afvoercoëfficiënt (-)

g zwaartekrachtversnelling (9,81) (m/s²)

Δh verval over een vertical slot (m)

Turbulentie en energiedemping

De turbulentie wordt uitgedrukt als energiedemping per kamerinhoud. De grootte van de kamerinhoud om de gewenste energiedemping te realiseren, is afhankelijk van de breedte van de slot en het verval over de slot. Daarnaast beïnvloedt het ontwerp van de vispassage de turbulentie. Ten slotte heeft ook de lengte-breedte verhouding van de kamers invloed op de turbulentie en het stromingspatroon. In deel 1 geeft § 3.4 de formule voor de berekening van de energiedemping per kamer.

12.5 Materialen

De vertical slot vispassage wordt meestal uitgevoerd in beton of een combinatie van beton en staal, bijvoorbeeld betonnen wanden met stalen schotten tussen de kamers. Bij alle vertical slot vispassages in Brabant is het beton ter plaatse op het werk gestort (zie figuur 12.10).

De bovenkant van de vispassage ligt over het algemeen gelijk aan het maaiveld. Als de afdekroosters en constructie voldoende stevig zijn, kunnen onderhoudsvoertuigen over de vispassage rijden. Vanuit het oogpunt van veiligheid dient bij de delen die grenzen aan de waterloop een reling te worden aangebracht.



Figuur 12.10 | Storten van beton bij de aanleg van vertical slot vispassage Wernhout in de Aa of Weerij.

Foto: waterschap Brabantse Delta

12.6 Beheer en onderhoud

Vertical slot vispassages kunnen gevoelig zijn voor verstoppingen door drijfvuil. Daarom moet de instroomopening loodrecht op de waterloop staan om zo de inspoeling van onder andere maaisel te beperken.⁽⁷¹⁾ Daarnaast moet voor de instroomopening altijd een drijfbalk worden aangebracht (zie figuur 12.11). Metalen pinnen aan de onderkant loodrecht op de drijfbalk zorgen ervoor dat ook vuil onder het wateroppervlak geweerd wordt. Aanvullend dient de instroomopening te worden voorzien van een drijfvuilrooster met grove spijlen. De spijlafstand moet minimaal 10 cm bedragen. Het rooster moet doorlopen tot onder het wateroppervlak en minimaal 50 cm boven de bodem of stortstenen eindigen.⁽⁶⁸⁾

Het is belangrijk dat de vispassage goed bereikbaar is en dat eventuele verstoppingen, vuil en sediment veilig van bovenaf verwijderd kunnen worden (zie verder § 12.7). Het beheer en onderhoud van een vertical slot vispassage bestaat voor een groot deel uit controle. De vispassage dient voorafgaand aan de paaitrek, meestal in februari gecontroleerd te worden op verstoppingen. De verstoppingen zijn over het algemeen duidelijk te zien of te horen, doordat de stroming door de vispassage afwijkingen vertoont. In de migratieperiode moet regelmatige controle plaatsvinden, minimaal één keer per maand. Daarbij richt de aandacht zich op het verwijderen van vuil uit de vispassage en het vrijmaken van de slots. Op langere termijn kan het nodig zijn stortstenen in de vispassage te verplaatsen en aan te vullen.

Zoals eerder aangegeven moet aan de instroomzijde een dichtzetconstructie worden geplaatst, zodat de vispassage veilig en makkelijk dichtgezet kan worden (zie § 12.2, peilregulatie). In verband met onderhoud kan het wenselijk zijn om zowel aan de in- als uitstroomzijde sponningen aan te brengen. Dan kan de vispassage met balken dichtgezet worden om onderhoud uit te voeren. De sponningen kunnen eventueel ook gebruikt worden voor de bevestiging van een monitoringsfuik.



Figuur 12.11 | Drijfbalk en drijfvuilrooster voor vertical slot vispassage Tweegelanden in de Aa of Weerij.

Foto: waterschap Brabantse Delta

12.7 Arbowet

Voor veilige bediening en onderhoud van de vertical slot vispassage dient rekening gehouden te worden met de volgende aandachtspunten:

- Het is belangrijk dat de vispassage goed bereikbaar is en dat eventuele verstoppingen, vuil en sediment veilig van bovenaf verwijderd kunnen worden. Op de bovenkant van een vertical slot vispassage moeten dan ook makkelijk en veilig te verwijderen stalen roosters liggen. De roosters moeten stevig vastzitten om vandalisme en ongelukken te voorkomen. Als de vispassage in een schouwpad ligt en er voertuigen overheen rijden, moet daar in de keuze van de roosters rekening mee worden gehouden. Toepassing van zeer zware metalen roosters of betonnen afdekplaten is vanuit onderhoud niet wenselijk.
- De instroomopening wordt meestal voorzien van een drijfvuilrooster met grove spijlen. Te overwegen valt het rooster schuin op het wateroppervlak aan te brengen, zodat het makkelijker is om het vuil omhoog weg te trekken. Op deze plek dient een reling aanwezig te zijn om te voorkomen dat medewerkers in het water vallen.
- Om er zeker van te zijn dat vispassages na afsluiten tijdens een droge periode ook weer open worden gezet, is het van belang dat de dichtzetconstructie makkelijk en veilig te bedienen is. In het ontwerp en bij de realisatie van de vispassage dient daar rekening mee te worden gehouden. Bij handmatige bediening moet de dichtzetconstructie veilig en goed bereikbaar zijn, bijvoorbeeld via roosters op de vispassage. Als het risico bestaat om daarbij in het water te vallen, moet een reling worden aangebracht. De afsluitschuif moet van bovenaf bediend kunnen worden. Het

plaatsen van balken in sponningen als dichtzetconstructie is te omslachtig en daarmee niet geschikt.

12.8 Kosten

Gebaseerd op de aanleg van vier vispassages in 2005 en een vispassage in 2010 bij waterschap Brabantse Delta worden de kosten voor vertical slot vispassages geraamd op:

- Gemiddelde investeringskosten per kamer: € 7.500 (incl. btw).
- Gemiddelde investeringskosten per cm peilverschil: € 1.600 (incl. btw).

Waterschap De Dommel legde in 2001 en 2003 een vertical slot vispassage aan en de kosten daarvan lagen in dezelfde orde van grootte als bij waterschap Brabantse Delta.

Aangezien vertical slot vispassages geen extra onderhoud vragen, zijn de exploitatiekosten zeer beperkt. Eventuele begroeiing die bij in- en uitstroomopeningen ontstaat, kan met reguliere maaiwerkzaamheden meegenomen worden.

12.9 Praktische punten tijdens uitvoering

Tijdens de aanleg van de vertical slot vispassage is het van belang te letten op:

- de aansluiting van de onderkant van de in- en uitstroomopening op de bodem van de waterloop;
- de positionering van de ruststenen;
- het aanbrengen van een drijfbalk en vuilrooster;
- de oeeverversteviging op de plek waar de vispassage aansluit op de waterloop.

12.10 Ervaringen in Noord-Brabant

Tabel 12.2 geeft een overzicht van de vertical slot vispassages in Noord-Brabant die zijn onderzocht op vispasseerbaarheid.

Verschillende keren is monitoring verricht voor vertical slot vispassages. Over het algemeen bleken de passages goed passeerbaar.

Waterschap Brabantse Delta onderzocht in de Aa of Weerij vier vertical slot vispassages: Tweegelanden⁽⁵⁾, Watermolen, Wernhout en Wielhoef.⁽⁴⁹⁾ Met uitzondering van Watermolen lieten bovenstroomse fuikvangsten zien dat de vispassages goed functioneerden, ondanks de grote lengte en de ruim dertig kamers bij Wernhout en Wielhoef. Bij de onderzoeken zijn aanzienlijke aantallen vissen gevangen, waaronder de doelsoorten, kleine en grote vissen, goede en minder goede zwemmers en bodemgebonden soorten.

Tabel 12.2 | Overzicht van onderzochte vertical slot vispassages in Noord-Brabant.

<i>Waterschap</i>	<i>Locatie</i>	<i>Jaar</i>	<i>Aantal kamers</i>	<i>Materiaal/constructie</i>
Brabantse Delta	Aa of Weerij's Tweege-landen	2003	16 normaal, 3 rust	Beton, slots in één lijn
Brabantse Delta	Aa of Weerij's Wernhout	2005	29 normaal, 3 rust	Combinatie beton en staal, slots afwisselend links en rechts, uitgevoerd als een dubbele rij kamers
Brabantse Delta	Aa of Weerij's Wielhoef	2005	30 normaal, 3 rust	Combinatie beton en staal, slots afwisselend links en rechts
Brabantse Delta	Aa of Weerij's Watermolen	2006	22 normaal, 3 rust	Combinatie beton en staal, slots afwisselend links en rechts, vispassage mondt uit in een nevengeul
De Dommel	Boven-Dommel Volmolen	2001	18 normaal, 2 rust	Compact type, beton, slots afwisselend links en rechts, niet toegankelijk (onder gebouw)
De Dommel	Keersop Keersoppermolen	2003	13 normaal	Beton, slots afwisselend links en rechts, combinatie met bekkervispassage in hoofdloop

Uitzondering vormde vispassage Watermolen waar een veel lager aantal vissen werd aangetroffen dan bij de andere vispassages. Toch werden ook daar redelijk veel soorten gevangen, kwamen alle lengteklassen voor en werden zowel pelagische als bodemgebonden soorten aangetroffen. Watermolen wijkt van de andere vertical slot vispassages af in de zin dat de instroom van de vispassage zich bevindt in een relatief ondiepe nevengeul. De vissen die uit de vispassage komen, zwemmen hierdoor eerst in de nevengeul en bereiken pas enkele honderden meters later de hoofdloop. Bij het onderzoek stond de fuikopstelling in de ondiepe nevengeul (zie figuur 12.12). Mogelijk schrikte dit migrerende vissen af, waardoor zij niet in de fuik zwommen, maar terugkeerden. Een dergelijk verschijnsel is vaker bij de monitoring van vispassages waargenomen.

Waterschap De Dommel⁽²⁸⁾ heeft in 2005 twee vertical slot vispassages onderzocht op passeerbaarheid.



Figuur 12.12 | Fuikopstelling
achter vertical slot vispassage
Watermolen in de Aa of Weerijs.

Foto: waterschap Brabantse Delta

Voor vispassage Volmolen in de Boven-Dommel bleek uit fuikvangsten dat acht vissoorten de vispassage konden passeren, waarvan berrmpje, riviergrondel en serpeling doelsoorten waren. Er ontbraken vooral grote vissoorten, zoals de doelsoorten winde en kopvoorn. Hiervoor zijn verschillende verklaringen te geven, waaronder een vervuilde fuik en de mogelijkheid dat de vispassage misschien te veel ontworpen was voor kleinere vissen. Uit het onderzoek bleek dat de hydraulische eisen - zoals lokstroom, peilsprongverdeling en energiedemping - voldoende waren en geen belemmering zouden moeten vormen voor de passeerbaarheid.

Uit onderzoek met fuiken voor vispassage Keersoppermolen in de Keersop bleek dat de vispassage passeerbaar was voor vissen. In totaal zijn 13 vissoorten de passage gepasseerd. Hieronder waren verschillende doelsoorten, zoals berrmpje, riviergrondel, kopvoorn en serpeling. De hydraulische omstandigheden waren allen zeer gunstig en er werd voldaan aan de uitgangspunten.

13

De Wit-vispassage



Vuistregels

Stroomsnelheid

Maximaal 1 m/s door vensters.

Peilsprong

Maximaal 5 cm per kamer.

Waterdiepte in de kamers

Minimaal 50 cm, en in ieder geval minimaal 25 cm hoger dan de hoogte van de doorzwemopening.

Doorzwembreedte

Minimaal 20 cm, maximaal 25 à 30 cm.

Aantal kamers

Maximaal 25 kamers.

Rustkamers

Per zeven gewone kamers een grotere rustkamer.

Energiedemping

Maximaal 100 W/m³.

Lokstroom - omvang

Minimaal 5 tot 10% van de totale afvoer.

Lokstroom - richting

Haaks op de stromingsrichting van de waterloop.

Lokstroom - locatie

Ter hoogte van de migratielinielij.

Uitstroomopening

Moet goed aansluiten op waterbodem.

Instroomopening

Moet goed aansluiten op waterbodem.

Afvoer

42 tot circa 300 l/s.

Peilregulatie

Stuwbediening wordt niet beïnvloed.

Dichtzetten bij droogte volgens protocol.

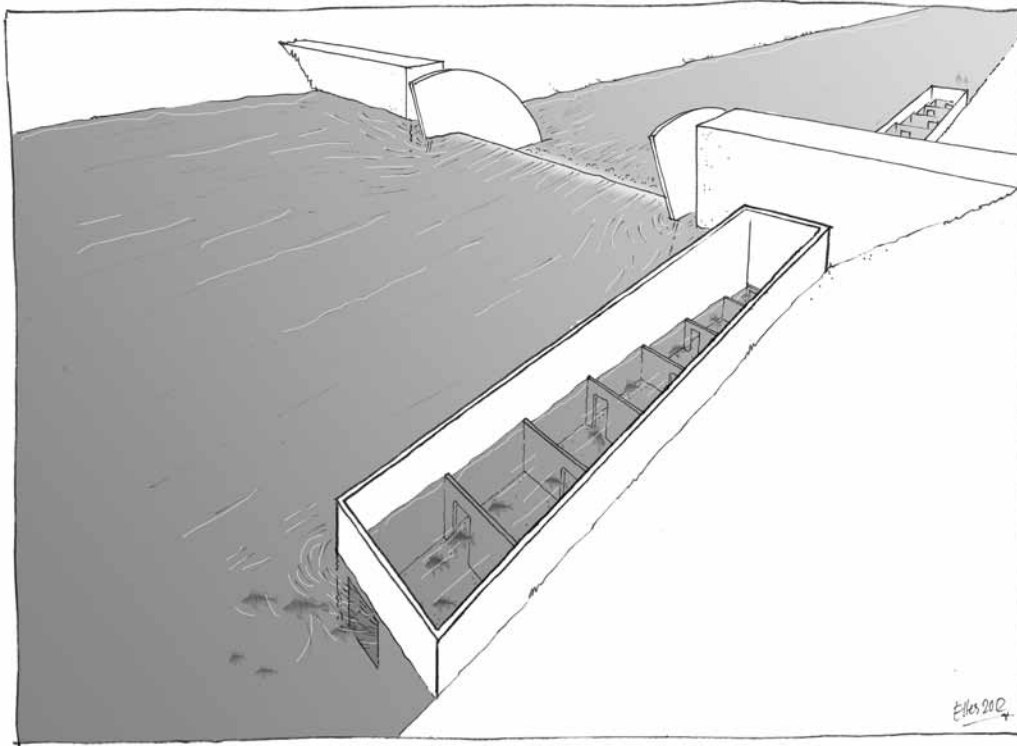
Voordelen

- Goedkoop in aanleg en onderhoud.
- Weinig ruimtebeslag, geschikt voor plaatsing naast barrières, eventueel in het onderhoudspad.
- Beproefd principe met goede monitoringsresultaten.
- Goede peilbeheersing, bij lage afvoer eenvoudig af te sluiten.
- Geschikt voor variërende peilen en afvoeren (zomer en winter).

Nadelen

- Lokstroom niet over de volledige waterkolom.
 - Beperkte lokstroom (beperkt debiet door vispassage).
 - Kleine vispassage, niet geschikt voor grote hoeveelheden vis die groepsgewijs migreren.
 - Geen aanvullende habitat.
 - Geringe landschappelijke waarde (niet van belang in poldergebieden).
-

13 De Wit-vispassage



De De Wit-vispassage is een variant op de vertical slot vispassage (zie hoofdstuk 12). De De Wit-vispassage is vooral geschikt voor waterlopen waar gedurende de vismigratieperiode weinig water beschikbaar is. De vispassage is geschikt om aan te brengen op locaties waar stuwen voor het peilbeheer nodig zijn en (te) weinig ruimte en/of afvoer is om een nevenbeek aan te leggen. Ook landschappelijke overwegingen kunnen een rol spelen in de keuze voor een De Wit-vispassage. Een semi-natuurlijk ogende nevenbeek kan minder goed passen in een polderlandschap met rechte waterlopen.



Hoofdlijnen

De De Wit-vispassage bestaat uit een compacte bak met tussenschotten die de bak in kamers verdelen. In ieder tussenschot is een opening (venster) aangebracht. Anders dan bij een vertical slot vispassage lopen de vensters niet door tot boven het water, maar staan ze altijd helemaal onder water. Een De Wit-vispassage functioneert daardoor met minder water dan een vertical slot vispassage. De vensters in de tussenschotten sluiten aan op de bodem. Op de bodem van de kamers wordt een laag breuksteen aangebracht zodat een traploze bedding ontstaat. De openingen verspringen ten opzichte van elkaar afwisselend links en rechts van de lengtes van de vispassage. Hierdoor ontstaat een slingerend stromingspatroon dat zorgt voor een verhoogde energiedemping en afremming van de stroomsnelheid. De bovenkant van de vispassage is afgewerkt met afdekroosters die gedemonteerd en gelicht kunnen worden. Zo kan het binnenwerk van de vispassage eenvoudig onderhouden worden.

13.1 Functionele eisen vanuit vissen

Stroomsnelheid

De stroomsnelheid in de De Wit-vispassage is afhankelijk van het peilverschil over de totale vispassage en het aantal kamers. Als bovengrens van de stroomsnelheid wordt normaal gesproken 1 m/s aangehouden. Wanneer de waterdiepte in alle kamers vergelijkbaar is, zal de stroomsnelheid tussen de kamers hooguit beperkt fluctueren. Het aanbrengen van een slingerend stromingspatroon door de vispassage zorgt voor afremming van de stroming en voor stromingsluwe zones. Als voor een maximaal peilverschil per kamer van 5 cm gekozen wordt, dan wordt de bovengrens van 1 m/s niet overschreden.

Peilsprong

Het totale peilverschil over de vispassage gedeeld door het aantal vensters bepaalt de peilsprong per kamer. De De Wit-vispassage is weinig gevoelig voor peilveranderingen boven- en benedenstrooms van de passage. Doordat alle vensters in alle omstandigheden

volledig onder water gesitueerd zijn, wordt bij een wijziging van het peilverschil die wijziging gelijkmatig over het aantal kamers verdeeld. De peilsprong per kamer wordt dan iets groter of iets kleiner, waardoor ook de stroomsnelheid in de vensters enigszins wijzigt. De vispassage kan daarmee het hele jaar functioneren. Voorwaarde is wel dat het totale peilverschil over de vispassage niet te groot wordt, om te voorkomen dat de peilsprong per kamer te groot wordt.

Normaal wordt voor het peilverschil tussen de kamers (de peilsprong) maximaal 5 cm gekozen. De gemiddelde stroomsnelheid in de vensters blijkt dan te variëren van 0,79 m/s tot 0,93 m/s⁽¹¹⁾, afhankelijk van de vensterhoogte en de waterdiepte in de vispassage. Grotere of kleinere ontwerp-peilverschillen dan de genoemde standaard 5 cm zijn mogelijk. Bij een grotere peilsprong zal de gemiddelde stroomsnelheid hoger worden, wat voor trage zwemmers problemen op kan leveren. Wanneer men om bepaalde redenen het peilverschil per kamer groter wil ontwerpen (op bijvoorbeeld 6, 7 of 8 cm) worden de gemiddelde stroomsnelheden in de vensters respectievelijk 1,0 m/s, 1,09 m/s en 1,17 m/s (hierbij is uitgegaan van een afvoercoëfficiënt C van 0,93; zie verder § 13.4⁽⁷³⁾). Bij een peilsprong groter dan 5 cm neemt ook de turbulentie in de kamers toe. Om deze extra turbulentie tegen te gaan kan overwogen worden de kamers te vergroten.

Doorzweemhoogte en -breedte

In De Wit-vispassages is de doorzweemhoogte gelijk aan de hoogte van de doorzweemopening (het venster). De doorzweemopeningen hebben een hoogte van 25 tot 65 cm. Als er een relatief grote lokstroom gewenst is, kunnen bij voldoende waterdiepte en voldoende beschikbaar debiet nog hogere openingen gekozen worden. De breedte van de doorzweemopening is standaard 20 cm. Bij een vensterhoogte groter dan 40 à 50 cm kan de vensterbreedte ook groter gekozen worden, naar 30 of 40 cm, mits er altijd voldoende water beschikbaar is. Door deze grotere vensterafmetingen neemt het debiet (sterk) toe, en daardoor ook de turbulentie. Om voldoende energiedemping te verkrijgen moet daarom ook de afmeting van de kamers vergoot worden. Als er te weinig water beschikbaar is bij deze grotere vensterafmetingen kan het waterpeil in de passage tot beneden de vensterrand zakken, waardoor de passage niet goed meer functioneert.

De waterdiepte in de De Wit-vispassage moet minimaal 25 cm hoger zijn dan de hoogte van het doorzweemvenster.⁽⁴⁶⁾ De doorzweemopeningen moeten namelijk altijd volledig onder water staan. De waterdiepte in de De Wit-vispassage moet dan dus minimaal 50 cm zijn. Bij een hoogte van de doorzweemopening van 65 cm wordt de minimale waterdiepte dus 90 cm.

Turbulentie en energiedemping

De peilsprong, het debiet en het volume van de kamers bepalen de turbulentie in de vispassage. Om vissen de mogelijkheid te bieden door de vispassage te zwemmen, moet de turbulentie in de vispassage beperkt blijven. De turbulentie mag in de vorm van energiedemping maximaal 100 W/m³ bedragen. De energiedemping per kamer wordt bepaald met de formule van Larinier (zie § 3.4).

Rustgelegenheid

Als de vispassage meer dan tien kamers lang is, moet er een grotere kamer ontworpen worden waar vissen kunnen rusten. In deze zogenaamde rustkamer is minder turbulentie en

liggen één of meer grotere ruststenen. Lange vispassages moeten ongeveer één rustkamer per zeven gewone kamers hebben. De rustkamers hebben dezelfde breedte als een gewone kamer, maar zijn twee tot drie keer zo lang.

Lokstroom

De aantrekkingskracht van de lokstroom van een De Wit-vispassage is afhankelijk van het debiet, de richting en de locatie van de uitstroomopening. De omvang van de lokstroom in de De Wit-vispassage is beperkt. De lokstroom moet daarom goed gericht zijn, bij voorkeur haaks op de waterloop. De lokstroom komt dan relatief ver in de waterloop en heeft daardoor de grootste aantrekkingskracht. Eventueel kan ervoor gekozen worden de lokstroom te geleiden met bijvoorbeeld een betonnen wand. De lokstroom moet de vispassage uitkomen ter hoogte van de migratielinielij.

Uitstroomopening

Voor stroomopwaartse migratie is het van belang dat de bodem van de uitstroomopening goed aansluit op de waterbodem. Als er een hoogteverschil is tussen de drempel van de uitstroomopening en de waterbodem moet dit opgevangen worden door breukstenen uit de vispassage onder een flauw talud door te laten lopen tot in de waterloop. Het talud heeft een helling van 1:4 of zo mogelijk nog flauwer. Om te voorkomen dat deze breukstenen wegspoelen of tijdens onderhoudswerkzaamheden verplaatst worden, dienen de breukstenen in de waterloop in cement te worden vastgezet. De uitstroomopening dient kort vóór (stroomafwaarts van) de turbulente zone gelegen te zijn, ter hoogte van de migratielinielij (zie § 2.7 en § 2.8).

Instroomopening en stroomafwaartse migratie

De instroomopening ligt meestal dicht bij de stuw en is daardoor in theorie goed te vinden voor stroomafwaarts migrerende vissen. Probleem kan echter zijn dat slechts een beperkt deel van de afvoer door de vispassage gaat, waardoor deze moeilijker te vinden is voor vissen.

De instroomopening van de vispassage moet op voldoende afstand van de barrière liggen. Als de instroomopening te dicht bij een stuw ligt, bestaat de kans dat vissen die de vispassage verlaten, terugstromen over de stuw. Er is geen vuistregel voor de minimale afstand tussen de instroomopening en de barrière (zie § 2.9).

De bodem van de instroomopening moet goed aansluiten op de bodem van de waterloop, zoals ook bij de uitstroomopening is beschreven. Er zal bij een De Wit-vispassage vermoedelijk weinig stroomafwaartse migratie door de vispassage heen plaatsvindt, aangezien maar een beperkt deel van het debiet door de vispassage gaat. Vissen laten zich voornamelijk met de hoofdstroom mee over de stuw heen vallen.⁽⁷²⁾

13.2 Randvoorwaarden vanuit (water)beheer

Afvoeren en peilen

Voor het functioneren van een De Wit-vispassage is een debiet van minimaal 42 liter per seconde door de vispassage nodig (bij een standaard-vensterafmeting van 20 x 25 cm). De hoeveelheid water die door de vispassage stroomt is afhankelijk van de afmetingen van de vensters en de peilsprong per kamer. Zie voor de hydraulische berekeningen § 13.4.

Erosie en sedimentatie

Een De Wit-vispassage ligt meestal ingegraven naast een stuw of in het talud van een watergang. In combinatie met de technische constructie maakt dit de passage weinig gevoelig voor erosie. Aandachtspunt is de aansluiting van de vispassage op de waterloop. Met name aan de uitstroomzijde kan de oever gaan eroderen. Daarom verdient het aanbeveling de oever ter plaatse te verstevigen met bijvoorbeeld stortstenen of hout.

De stroming in de De Wit-vispassage is over het algemeen sterker en turbulenter dan in de waterloop. Er zal daarom normaal gesproken weinig sedimentatie in de kamers van de vispassage plaatsvinden. Het is wel goed om dit met enige regelmaat te controleren (zie

§ 13.6)

Peilregulatie

De De Wit-vispassage is weinig gevoelig voor peilverschillen. Aangezien de vispassage altijd naast de stuw ligt, blijft het mogelijk om het peil in de waterloop met behulp van de stuw te reguleren.

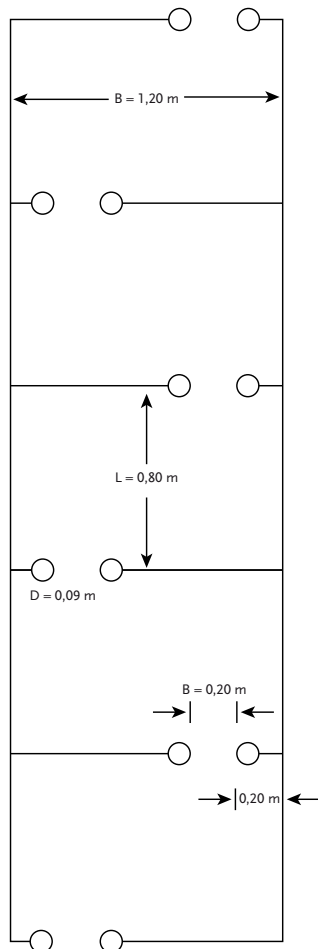
Aan de instroomzijde van de vispassage moet een dichtzetconstructie worden aangebracht. Hiermee kan de passage in droge perioden afgesloten worden, zodat lekverliezen beperkt worden. Bij voorkeur wordt de dichtzetconstructie voorzien van een twee-standenschuif, open of dicht. Daarmee wordt voorkomen dat een beheerder het venster deels sluit om water bovenstrooms vast te houden. In dat geval treedt er bij de instroomopening namelijk opstuwing op, waardoor de stroomsnelheid aanmerkelijk groter wordt dan de ontwerpsnelheid. Daardoor vermindert de passeerbaarheid van de passage. Bovendien is met een twee-standenschuif altijd goed te zien of de passage wel of niet functioneert. Met andere schuifsystemen, die bijvoorbeeld half open gezet kunnen worden, kunnen vergissingen ontstaan. Doordat er water stroomt kan het lijken of de vispassage goed functioneert, terwijl de klep maar half open staat. Bij een twee-standenschuif zijn dergelijke vergissingen uitgesloten.⁽¹⁴⁾

Als ook aan de uitstroomopening een dichtzetconstructie wordt aangebracht, kan de vispassage droog gezet worden voor onderhoud. Voorwaarde is wel dat de constructie zodanig is dat de vispassage niet omhoog gedrukt wordt door het (grond)water onder en rondom de vispassagebak – wat het gevolg is van het wegvallen van het watergewicht in de vispassage. In het ontwerp kan hiermee rekening worden gehouden, onder meer door het eigen gewicht van de vispassage of door verankering.

13.3 Kenmerken

In dit hoofdstuk bespreken we de nieuwe generatie van de De Wit-vispassage, die ook wel wordt aangeduid als de aangepaste of vergrote De Wit-vispassage. De eerste generatie De Wit-vispassages had een standaard bekkenlengte van 55 cm. Naar aanleiding van onderzoek door Wageningen Universiteit zijn in 2004 de standaardmaten

vergroot naar 80 cm bekkenlengte.⁽¹¹⁾ Wij hanteren de dimensies van deze vergrote De Wit-vispassage als standaard; voor de leesbaarheid gebruiken we hiervoor in dit hoofdstuk de term ‘De Wit-vispassage’. Figuur 13.1 geeft de standaard ontwerpafmetingen van een De Wit-vispassage.



Figuur 13.1 | Standaard ontwerpafmetingen van een De Wit-vispassage. ⁽¹¹⁾

Plaatsing

De De Wit-vispassage wordt direct naast de stuw geplaatst. Soms wordt de vispassage binnen de stuwopening geplaatst. De uitstroomopening dient buiten de turbulente zone gelegen te zijn.

Aansluiting op waterloop met buizen

Als de vispassage iets verder op de oever aangelegd wordt, moet een verbinding tussen de waterloop en de vispassage aangelegd worden. Hierbij wordt de voorkeur gegeven aan een ronde buis die de aansluiting naar het eerste bekken verzorgt. De natte doorsnede van de buis moet twee tot vier keer groter zijn dan het doorstroomoppervlak van de vensters, mede afhankelijk van de lengte van de buis. Als de buis te smal is, kan de stroming in de buis over een lange afstand te hoog worden, waardoor er alsnog een te grote barrière voor slechtere zwemmers kan ontstaan. Als uitgangspunt kan gehanteerd worden dat de stroomsnelheid bij buislengtes tot 5 meter maximaal $0,40 \text{ m/s}$ mag bedragen; bij buislengtes van meer dan 5 meter mag de stroomsnelheid maximaal $0,25 \text{ m/s}$ bedragen. Het ontwerpdebiet en de lengte van de buis bepalen dus de buisdiameter.⁽⁷³⁾

Op de plek waar de buizen aansluiten op de waterloop – bij de in- en uitstroomopening dus – moet de buis voorzien worden van een plaat waarin een doorstroomvenster is aangebracht met dezelfde afmetingen en afrondingen als in de vispassage zelf. Als dit bij de instroomopening niet gebeurt, kan er relatief veel vuil de buis in stromen, waardoor de vispassage verstopt kan raken. Om verstopping van de buis te voorkomen is het daarnaast belangrijk om het eerste doorstroomvenster van de vispassage even groot te maken als de buis. Als dat niet het geval is kunnen verstoppingen optreden waar men niet bij kan komen (de buis kan immers niet schoon gemaakt worden; de vispassage wel).

Ook aan de uitstroomzijde moet de buis voorzien worden van een plaat met een doorstroomvenster van dezelfde afmeting en afronding als de doorstroomvensters in de vispassage zelf. Op die manier wordt de stroomsnelheid bij de uitstroomopening vergroot, wat nodig is om goede lokstroom te laten ontstaan. Verder is het belangrijk een goede aansluiting met de bodem van de watergang te maken.

Vispassage uit twee delen

Als een vispassage uit twee of meer delen bestaat die onderling gekoppeld worden met een buis, dan moet het venster aan de benedenstroomse kant van de buis dezelfde vorm en afmeting hebben als de buis. Als dat niet het geval is kunnen verstoppingen optreden waar men niet bij kan komen. De instroomzijde van een verbindingbuis dient wel te beginnen met een venster met normale vensterafmetingen.⁽⁷³⁾

Ook bij een verbindingbuis geldt dat de natte doorsnede van de buis twee tot vier keer groter moet zijn dan het doorstroomoppervlak van de vensters, mede afhankelijk van de lengte van de buis. Als de buis te smal is, kan de stroming in de buis over een lange afstand te hoog worden, waardoor er alsnog een te grote barrière voor slechtere zwemmers kan ontstaan. Als uitgangspunt kan gehanteerd worden dat de stroomsnelheid bij buislengtes tussen 50 cm en 5 meter maximaal 0,40 m/s mag bedragen; bij buislengtes van meer dan 5 meter mag de stroomsnelheid niet meer dan 0,20 - 0,30 m/s bedragen. Het ontwerpdebiet en de lengte van de buis bepalen dus de buisdiameter.⁽⁷³⁾

Minimum aantal tussenschotten

Het Handboek Vismigratie⁽⁴⁶⁾ vermeldt dat het aantal tussenschotten in een De Wit-passage minimaal vier moet bedragen. Dit is gebaseerd op het onderzoek van Boiten en Dommerholt⁽¹¹⁾ waarin zelfs uitgegaan wordt van minimaal zes tussenschotten. Dit aantal is gekozen omdat de afvoerformule voor de De Wit-vispassage alleen dan goed toepasbaar is (bij een lager aantal vensters neemt de nauwkeurigheid van de formule af).

In de praktijk geldt echter geen minimum voor het aantal tussenschotten. Essentieel is dat de stroomsnelheid in de doorstroomopeningen niet te hoog wordt (lieft lager dan 1 m/s blijft) en dat de turbulentie in de kamers niet te groot wordt. Het minimumaantal van 6 vensters is wel van belang voor het toepassen van een juiste afvoercoëfficiënt in de afvoerformule, maar dus niet voor het functioneren van de vispassage zelf.

Randen tussenschotten afgerond

Om tot een goed stromingspatroon in de kamers te komen is het belangrijk dat de randen van de tussenschotten afgerond worden. De diameter van deze ronding is 9 cm.⁽⁴⁶⁾

Bodemopbouw

Op de bodem van de De Wit-vispassage wordt een laag ruw materiaal aangebracht. Dit kan een mengsel zijn van puingranulaat (20-50 mm), cement en zand, in de verhouding 3:1:1. Het puingranulaat wordt ruw afgewerkt en met cement vastgelegd om te voorkomen dat het gaat rollen. De dikte van de laag stortsteen moet in mindering op de bodemhoogte gebracht worden. De bodem van de vensters wordt onder een helling ontworpen, gelijk met de helling van de verhanglijn in de vispassage. Hiermee wordt ervoor gezorgd dat er in elke kamer gelijke doorzwem- en doorstroomcondities zijn.⁽⁷³⁾

In- en uitstroomopeningen

De bovenkant van de in- en uitstroomopeningen moet minimaal 15 cm onder laagste peil liggen, om instromend vuil en luchtkolken zo veel mogelijk te voorkomen.⁽⁷³⁾ Als het mogelijk is, wordt vóór (stroomopwaarts van) de vispassage een geleideschot of drijfbalk aangebracht, die 10 à 15 cm onder water steekt bij laag-waterniveau. Zo kan het meeste drijfvuil naar de stuw worden geleid, en blijft het instroomvenster schoon. Afgeraden wordt om voor de instroomopening een vuilrooster te plaatsen, omdat een vuilrooster nog sneller dan het venster zelf zal verstopen, waardoor de vissen er nog nauwelijks doorheen kunnen zwemmen. Ook schrikt een vuilrooster vissen af.

Combinatie met infrastructuur

Wanneer een pad of weg gekruist moet worden dan heeft het de voorkeur om deze kruising met een voldoende grote buis uit te voeren en deze buis te koppelen aan de vispassage, die vóór of achter op de buis aangesloten kan worden. Eventueel kan de vispassage in twee delen gesplitst worden, die door een voldoende grote buis (onder het pad) gekoppeld worden. Let hierbij op dat de stroomsnelheden in de buis niet te groot worden. Het aanbrengen van een vispassage onder een berijdbaar pad vergt zware roosters en bemoeilijkt het onderhoud. De aanleg van de De Wit-vispassage op een lastig bereikbare plaats, zoals onder een brug of een weg, wordt afgeraden; goed en veilig onderhoud is dan niet mogelijk.

Opschalen van ontwerp

Het basisontwerp van een De Wit-vispassage:

- Bekkenlengte: 80 cm
- Bekkenbreedte: 120 cm
- Breedte doorzwemvenster: minimaal 20 cm
- Hoogte doorzwemvenster: 25 - 120 cm

De standaard De Wit-vispassage is geschikt voor de wat minder grote vervallen en voor debieten tussen circa 45 en 110 l/s. Door het ontwerp op te schalen zijn ook grotere debieten mogelijk, tot 300 l/s of nog meer. Een keuze voor een ander type vispassage is dan echter meer op zijn plaats (zie hoofdstuk 8).

De vaste parameters (bekkenbreedte en -lengte en vensterbreedte en -hoogte) kunnen worden vergroot of verkleind door het ontwerp op te schalen met de schaalregels uit de hydraulica.⁽¹¹⁾ Indien overwogen wordt om het standaardontwerp op te schalen wordt sterk aanbevolen om Boiten & Dommerholt⁽¹¹⁾ te raadplegen voor het uitvoeren van de benodigde berekeningen. In tabel 13.1 is een voorbeeld van een opgeschaald ontwerp opgenomen.

Tabel 13.1 | Voorbeeld van opgeschaald ontwerp voor een De Wit-passage.

	Standaard ontwerp	Opgeschaald ontwerp
Bekkenbreedte B (m)	1,20	1,44
Bekkenlengte L (m)	0,80	0,96
Vensterbreedte b (m)	0,20	0,24
Vensterhoogte hv (m)	0,40	0,48
Diameter vensterranden D (m)	0,09	0,11
Ontwerp verval Δh_d (m)	0,05	0,06
Stroomsnelheid in de vensters v (m/s)	0,92	1,01
Waterdiepte Y0 (m)	1,00	1,20
Debiet Q (l/s)	74	117
Energie demping K (W/m ³)	39	43
Ontwerp totaal verval WL1-WL2 (m)	0,60	0,60
Aantal schotten n (-)	12	10
Lengte vispassage (n-1) L (m)	8,80	8,64

13.4 Hydraulische berekeningen

Voor de dimensionering van een De Wit-vispassage wordt de volgende debietformule gebruikt ⁽⁴⁶⁾:

$$Q = C \cdot b \cdot hv \cdot \sqrt{2g \cdot \Delta h}$$

De gemiddelde stroomsnelheid in een doorzwemvenster bedraagt ⁽⁴⁶⁾:

$$V_{gem} = C \cdot \sqrt{2g \cdot \Delta h}$$

- Q** debiet (m³/s)
- C** afvoercoëfficiënt
- b** vensterbreedte (m)
- hv** vensterhoogte (m)
- g** zwaartekrachtversnelling (9,81 m/s²)
- Δh** verval van de kamers (peilsprong) (m)
- V_{gem}** gemiddelde stroomsnelheid (m/s)

De grootte van de afvoercoëfficiënt is afhankelijk van een aantal factoren, zoals de diameter van de afronding van de zij- en bovenkant van de vensters, de afmetingen van een kamer

(bekkenlengte), de ruwheid van de bodem maar vooral ook van de vensterhoogte in relatie tot de waterdiepte in een kamer. In laboratoriumonderzoek is gebleken dat de afvoercoëfficiënt C varieert van 0,79 tot 0,94, afhankelijk van vensterhoogte en waterdiepte (zie verder tabel I op pagina 32 van rapport ⁽¹¹⁾). Deze waarden gelden bij een kamerlengte van 80 cm en een gladde bodem. Wanneer de vensterhoogte even groot is als de waterdiepte gaat de De Wit-vispassage over in een vertical slot vispassage, waarbij in het onderzoek een afvoercoëfficiënt is bepaald van 0,77.

13.5 Materialen

De De Wit-vispassage kan worden uitgevoerd in staal, beton of kunststof. Waterschap Brabantse Delta heeft ook een De Wit-vispassage die deels in hout is uitgevoerd (zie § 13.10). De materiaalkeuze is afhankelijk van de gewenste stevigheid en het budget. Betonnen varianten kunnen worden weggewerkt in het werkpad en kunnen zo stevig worden aangelegd dat er overheen gereden kan worden met onderhoudsmaterieel.

13.6 Beheer en onderhoud

Bij het ontwerp van de De Wit-vispassage moet al rekening worden gehouden met beheer en onderhoud. Zo is het belangrijk dat de vispassage goed bereikbaar is en dat eventuele verstoppingen, vuil en sediment veilig van bovenaf verwijderd kunnen worden. Op de bovenkant van een De Wit-vispassage zitten dan ook bij voorkeur eenvoudig en veilig te verwijderen roosters. De roosters moeten wel stevig vastzitten om vandalisme en ongelukken te voorkomen. Als de vispassage in een schouwpad ligt en er voertuigen overheen rijden, moet daar in de keuze van de roosters rekening mee worden gehouden. Toepassing van zeer zware metalen roosters of betonnen afdekplaten is vanuit onderhoud niet wenselijk. Ervaringen met kunststof roosters zijn positief, deze zijn bovendien minder diefstal gevoelig. Het toepassen van een dichte afdekplaat kan voorkomen dat er vuil in de passage komt. Hierdoor zijn er minder vaak onderhoudswerkzaamheden nodig. Het meeste materiaal wordt echter via het instroomvenster naar binnen gevoerd. Belangrijk voordeel van een open rooster is dat mogelijke verstoppingen snel ontdekt, gelokaliseerd en verholpen kunnen worden.

Het beheer en onderhoud van een De Wit-vispassage bestaat voor een groot deel uit controle en het soms ongedaan maken van een verstopping. Geadviseerd wordt om voorafgaand aan de migratieperiode de vispassage geheel na te lopen, de afdekroosters te lichten en eventueel aanwezig grof materiaal (zoals bladeren en takken) te verwijderen. Gedurende de migratieperiode moet de vispassage maandelijks gecontroleerd worden. Daarbij richt de aandacht zich op het vrijmaken van mogelijk verstopte venster(s). Ook is het goed om de waterstanden in de bekkens te controleren. Als de waterstanden niet gelijkmatig oplopen is de passage waarschijnlijk ergens (deels) verstopt. Ook kan extra geluid wijzen op een (deels) verstopt venster. Het geluid is het gevolg van extra turbulentie. Een drijfbalk aanbrengen voor de instroomopening van de vispassage kan de instroom van maaisel voorkomen. Bij slib- of zand meevoerende watergangen kan het nodig zijn om in

de vispassage bezonken sediment periodiek te verwijderen en/of stortsteen aan te vullen. Aanbevolen wordt om dit één maal per tien jaar te controleren.

Aan de instroomzijde moet een dichtzetconstructie worden aangebracht, zodat de vispassage in droge perioden veilig en gemakkelijk dichtgezet kan worden (zie verder § 13.2).

13.7 Arboret

Voor veilige bediening en onderhoud van de De Wit-vispassage dient rekening gehouden te worden met de volgende aandachtspunten:

- Delen van de vispassage die grenzen aan de waterloop moeten van een reling worden voorzien.
- Bij handmatige bediening van de dichtzetconstructie(s) dient een functioneel hekwerk geplaatst te worden.
- Als afsluitmechanisme gaat de voorkeur uit naar een schuif die van bovenaf bediend kan worden. Het plaatsen van balken in sponningen als dichtzetconstructie is minder veilig en bovendien te arbeidsintensief.
- Struikelgevaar dient voorkomen te worden door obstakels en oneffenheden te verwijderen. Dit is met name belangrijk wanneer men er vaak langskomt en er in de directe omgeving waterlopen of obstakels zijn waar men in of tegen kan vallen.
- Wanneer men bij de toegang tot de vispassage (en tot eventuele overige werken) over een talud moet lopen, dienen hier stevige vlakke treden aanwezig te zijn.
- Bij onderhoud dient de De-Witpassage helemaal te worden geopend: alle roosters moeten worden gelicht. Hierdoor kan de vispassage eenvoudig van bovenaf betreden worden, wat gunstig is voor het uitvoeren van werkzaamheden, maar ook in geval van een incident. In alle gevallen moet voorkomen worden dat er onder de roosters gewerkt wordt.

13.8 Kosten

Waterschap Aa en Maas heeft de investeringskosten voor de aanleg van acht De Wit-vispassages geanalyseerd. Op basis hiervan worden de gemiddelde investeringskosten geraamd op:

- Gemiddelde investeringkosten per kamer: € 4.700.
- Gemiddelde investeringskosten per cm peilverschil: € 925.
- Als normbedrag per kamer (ofwel 5 cm peilverschil) kan € 3.500 tot € 5.000 inclusief btw worden gehanteerd. Deze kosten zijn gebaseerd op standaard De Wit-vispassages (met debieten tot 110 l/s). Bij grotere debieten zullen afmetingen van de kamers groter worden, waardoor de kosten stijgen.

Onderhoudskosten van De Wit-vispassage zijn beperkt. Deze behelzen in de praktijk enkel interne uren voor inspectie en onderhoud.

13.9 Praktische punten tijdens uitvoering

Algemene aandachtspunten

Meestal zijn er goede mogelijkheden om de vispassage direct aan te laten sluiten op de waterloop. Dit kan bijvoorbeeld door de vispassage in de watergang of het oevertalud aan te leggen of door hoeken in de vispassage aan te brengen, zodat uit- en instroomopening loodrecht op de waterloop staan. Tijdens de aanleg van de De Wit-vispassage is het verder van belang te letten op:

- Een goede aansluiting van de onderkant van de in- en uitstroomopening op de bodem van de waterloop.
- Het aanbrengen van een drijfbalk op enige afstand vóór de instroomopening.
- Verdediging van oever op de plek van de aansluiting tussen de vispassage en de waterloop.

Aanbrengen sponning voor monitoring

Bij de aanleg van een De Wit-vispassage kan direct een sponning aangebracht worden bij de instroomopening. Zo kunnen later gemakkelijker fuikmetingen uitgevoerd worden. Het is daarbij van belang dat de sponning niet direct rondom de instroomopening wordt aangebracht. Dit laat dan slechts een fuik van kleine dimensies toe. Beter is het om de sponning op de buitenranden van het kunstwerk aan te brengen, zodat de fuik voldoende ruim gedimensioneerd kan worden. Vissen zwemmen er dan makkelijker in.

13.10 Ervaringen in Noord-Brabant

In Brabant zijn bijna twintig De Wit-vispassages aangelegd.

Waterschap Brabantse Delta

Waterschap Brabantse Delta heeft De Wit-vispassages toegepast bij vier stuwen in de Bijloop, bij vier stuwen in de Kleine Beek ten zuiden van Breda en bij een stuw in de Aalskreek, een polderwater bij Klundert. De vispassages in de Bijloop kennen verschillende constructies, waarvan er drie in de beek liggen en één als omleiding om de stuw.

Voor drie vispassages in de Kleine Beek is een gat in de vleugelfundering van de stuw geboord. Door dit gat is het bovenstroomse deel van de vispassage verbonden met het benedenstroomse deel (zie figuren 13.2 en 13.3).

Op de meest bovenstroomse locatie lag de voormalige stuw bij een duiker onder een weg. Daar was geen ruimte voor een vispassage en daarom is iets stroomafwaarts gekozen voor een gecombineerde vispassage met schotbalkstuw (zie figuur 13.4). Alle vispassages in de Kleine Beek zijn prefab en bestaan uit roestvrij staal. De uitstroomopening bevindt zich aan de voorkant van de vispassage. Het deel van de wand met de uitstroomopening is 10 graden gedraaid, zodat de uitstroom iets schuin in de beek komt en vissen de lokstroom beter kunnen signaleren.



Figuur 13.2 | Aanleg van een De Wit-vispassage bij stuw Biggelaar in de Kleine Beek, met het gat in de vleugelfundering van de stuw.

Foto: waterschap Brabantse Delta



Figuur 13.3 | De uitstroomopening in de 10 graden gedraaide wand van een De Wit-vispassage bij stuw Biggelaar in de Kleine Beek.

Foto: waterschap Brabantse Delta



Figuur 13.4 | De Wit-vispassage met schotbalkstuw in de Kleine Beek bij de Achtmaalseweg.

Foto: waterschap Brabantse Delta

De vispassage in de Aalskreek ligt in de waterloop en bestaat bovenstrooms uit metalen kamers en benedenstrooms uit kamers van houten damwand (zie figuur 13.4). Bij het ontwerp was de verwachting dat er onvoldoende afvoer zou zijn om de vispassage te laten functioneren. Daarom heeft het waterschap benedenstrooms een klein gemaal aangelegd dat water in het bovenstroomse stuwpand pompt en daarmee zorgt voor voldoende water voor de vispassage. Om energie te sparen staat het gemaal (en dus ook de vispassage) alleen in de migratieperioden in het voor- en najaar aan. Momenteel onderzoekt Brabantse Delta of het mogelijk is om water via andere routes aan te voeren en daarmee voldoende afvoer te creëren zonder gemaal.



Figuur 13.5 | De Wit-vispassage in de Aalskreek met benedenstrooms kamers van hout en bovenstrooms een metalen constructie.

Foto: waterschap Brabantse Delta

Alleen van de vispassage in de Aalskreek is de werking onderzocht.⁽⁴⁹⁾ In het voorjaar van 2009 werden in een fuik bovenstrooms van de vispassage in totaal 3.247 vissen gevangen (14 soorten). Het merendeel van de vissen (98%) was kleiner dan 16 cm. Van de gevangen vissen waren slechts een snoek (49 cm) en zeven palingen groter dan 40 cm. Aan de benedenstroomse zijde zijn tijdens het onderzoek wel grote brasems en karpers waargenomen, maar deze trokken niet door de vispassage.

De vispassage functioneert dus alleen goed voor kleinere vissen, wat vermoedelijk wordt veroorzaakt door de beperkte waterdiepte benedenstrooms en in de kamers. Bij het ontwerp is de vispassage afgestemd op het zomerpeil. Bij het winterpeil is de waterstand in de kamers en benedenstrooms van de vispassage lager dan in de zomer, waardoor de passeerbaarheid nog kleiner is. Recent is bovendien het peilbesluit aangepast, waardoor het winterpeil nog lager komt te liggen dan bij het ontwerp. Brabantse Delta gaat de passeerbaarheid van de vispassage vergroten door de waterbodem aan de benedenstroomse zijde te verdiepen en daar een drietal kamers toe te voegen.

Waterschap Aa en Maas

Waterschap Aa en Maas heeft op acht locaties een De Wit-vispassage aangelegd (Hertogswetering; Laarakkerse Waterleiding, De Aa, twee in het Peelkanaal en drie in de Leigraaf). Dit aantal groeit snel.

In 2010 is de werking van de passage in de Hertogswetering onderzocht.⁽¹³⁾ Er zijn toen 11

verschillende vissoorten gevangen. Van de 606 gevangen vissen waren 1 brasem, 1 zeelt en 4 snoeken groter dan 40 cm. Van de gevangen vis was 70% kleiner dan 15 cm. In 2011 is de werking van een De Wit-vispassage in het Peelkanaal onderzocht.⁽³³⁾ In totaal hebben toen 73 vissen van 7 soorten de vispassage gepasseerd. Het waren voornamelijk kleinere vissen (kleiner dan 20 cm). Dit lage aantal vissen kan verklaard worden doordat er weinig aanbod van vis is die wil migreren. Er is weinig vis in het Peelkanaal en de andere aanwezige stuwen zijn op dit moment niet passeerbaar. Verder werd bij het begin van het onderzoek geconstateerd dat er achterstallig onderhoud aan de vispassage was (grote hoeveelheid maaisel op het rooster en te groot peilverschil in de eerste kamer).

Waterschap de Dommel

In 2004 heeft waterschap De Dommel in de Keersop bij de stuw bij Westerhoven een vispassage aangelegd, die bestaat uit een traploze nevenbeek in combinatie met een De Wit-vispassage. Voor deze gecombineerde vispassage is gekozen om het extra peilverschil in de zomer op te vangen. Er zijn dus twee afsluitbare instroomopeningen. De De Wit-vispassage heeft negen kamers met afmeting 120 bij 150 cm en venster van 25 cm breed en 30 cm hoog. De ontwerpafvoer bedraagt 70 l/s. De De Wit-vispassage is via een duiker verbonden met de nevenbeek.

In het voorjaar van 2011 is de passage gemonitord met behulp van een fuik.⁽³³⁾ Tijdens de monitoring werden in de fuik 22 vissen aangetroffen van zes verschillende soorten. Van de doelsoorten werden alleen het biermpje en de riviergrondel gevangen. Bijna alle vissen waren minder dan 20 cm groot. Het vooral aantreffen van kleine vissen in de fuik kan veroorzaakt zijn door de lage waterstand in de nevenbeek. Tijdens het monitoren bleek dat de stroomsnelheid in de duiker, die de nevenbeek met vispassage verbindt, veel te groot was (1,8 m/s). Verbetering vond plaats door het storten van stortsteen benedenstrooms van de De Wit-vispassage; de stroomsnelheid nam af tot 0,5 m/s.

14

Meyberg-vispassage



Vuistregels

Stroomsnelheid

Maximaal 1 m/s door vensters.

Peilsprong

Maximaal 5 cm per kamer, totaal peilsprong over hele vispassage maximaal 60 cm.

Waterdiepte

45 cm.

Doorzwembreedte

Doorzwemopeningen: 15 bij 22 cm.

Aantal kamers

Maximaal 12.

Rustkamer

Geen.

Energiedemping

maximaal 100 W/m³.

Lokstroom - omvang

Minimaal 5 tot 10% van de totale afvoer.

Lokstroom - richting

Parallel met stroming.

Lokstroom - locatie

Midden in de waterloop.

Uitstroomopening

Er is een aluminium 'flap' aan de uitstroomopening bevestigd. Bodemgebonden vissoorten kunnen hierover naar boven toe zwemmen, de vispassage in.

Instroomopening

Op de stuw.

Afvoer

30 l/s.

Peilregulatie

Normale werking van stuw wordt niet beïnvloed. Mogelijk is er wel een belemmering van de doorstroming bij grotere afvoeren.

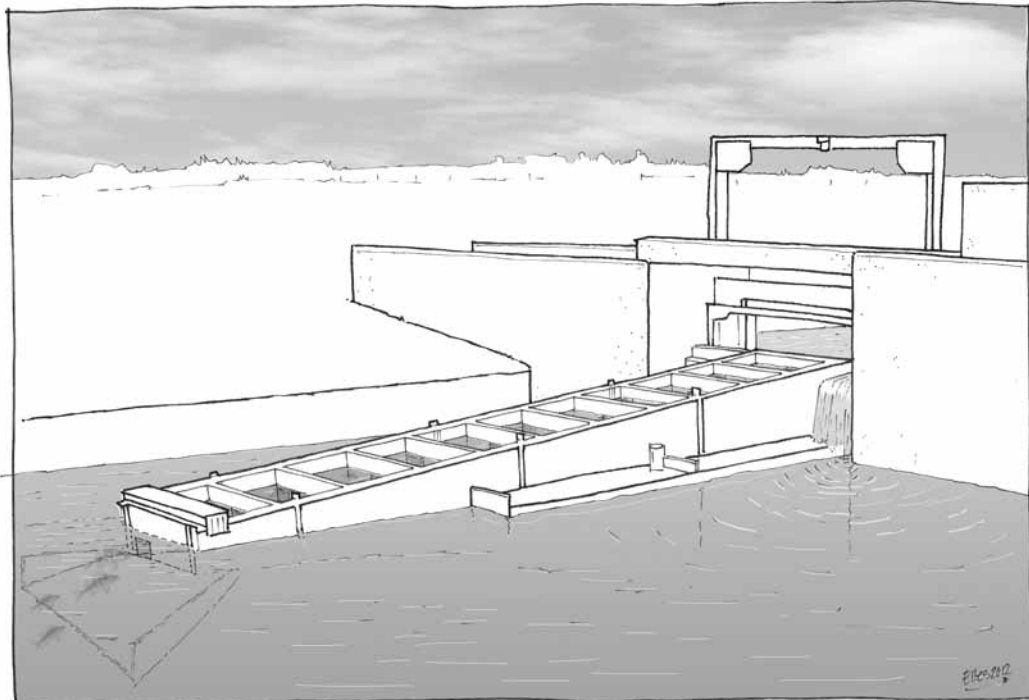
Voordelen

- Goede peilbeheersing, afsluitbaar bij lage afvoer.
- Geschikt voor variërende peilen (zomer- en winterpeil en peilfluctuatie).
- Eenvoudig te ontwerpen en realiseren.
- Geen ruimtebeslag.
- Goedkoop.

Nadelen

- Het jaarlijks installeren en verwijderen van de passage aan begin en eind van het migratieseizoen is bewerkelijk (dit hoeft alleen te gebeuren als dit noodzakelijk wordt geacht).
 - De locatie moet met een kraan of boot bereikbaar zijn voor de plaatsing van de passage.
 - Risico op extra opstuwing, vooral bij hoge afvoeren.
 - Nog relatief weinig kennis over vispasseerbaarheid (effectiviteit).
 - Ontwerp door leverancier; niet aanpasbaar voor specifieke wensen.
-

14 Meyberg-vispassage



De Meyberg-vispassage is afgeleid van de De Wit-vispassage (zie hoofdstuk 13), waarbij de gehele vispassage in een drijvende constructie aan de stuwklep wordt gehangen.

De Meyberg-vispassage kan worden toegepast op locaties waar geen ruimte is om een ander type vispassage toe te passen. Ook kan de Meyberg-vispassage worden ingezet als tijdelijke oplossing.

De Meyberg-vispassage wordt toegepast op stuwen met een maximaal peilverschil van 60 centimeter.

Hoofdlijnen

De Meyberg-vispassage is qua werking afgeleid van de De Wit-vispassage. De passage is een mobiele en drijvende constructie, die in zijn geheel aan de stuwklep gehangen kan worden. De lengte van de vispassage is afhankelijk van het te overbruggen peilverschil. Aan de benedenstroomse zijde van de vispassage is een aluminium 'flap' verbonden waarvan het uiteinde op de bodem van de watergang ligt. De Meyberg-vispassage kan relatief eenvoudig uit het water gehaald worden. Als dat in (winter)periode gedaan wordt, moet de vispassage uiterlijk begin maart teruggeplaatst worden.

De Meyberg-vispassage is een concept van Tauw en ontwikkeld en geproduceerd door Jansen Venneboer. Jansen Venneboer is de enige leverancier van dit type vispassage en bepaalt de dimensies van de Meyberg-vispassage.

14.1 Functionele eisen vanuit vissen

Stroomsnelheid

Het verval over de vispassage, de afvoer door de passage en de vensterbreedte en -hoogte bepalen de peilsprong per kamer en de stroomsnelheid in de vispassage. Als bovengrens van de stroomsnelheid wordt normaal gesproken 1 m/s aangehouden. Het aanbrengen van een slingerend stromingspatroon door de vispassage zorgt voor afremming van de stroomsnelheid en voor stromingsluwe zones. Om de stroomsnelheid nabij de bodem verder te verlagen, is in het ontwerp bodemverruwing aangebracht in de vorm van een rooster van opstaande aluminium strips. Dit rooster wordt zo geplaatst dat de strips loodrecht op de stromingsrichting komen te staan.

Peilsprong

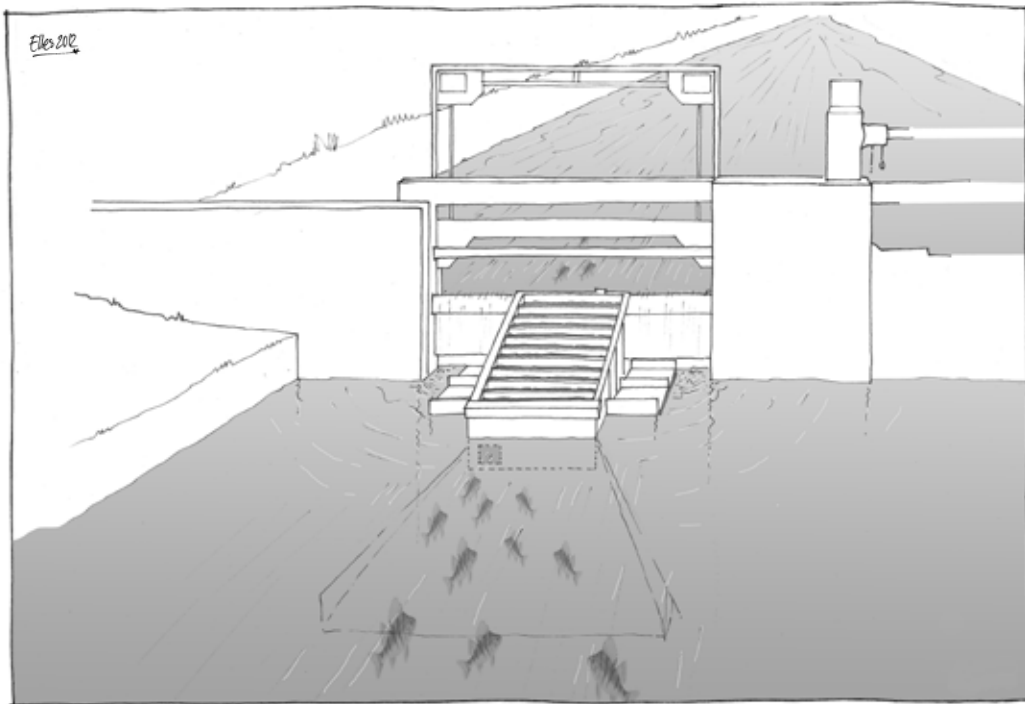
De Meyberg-vispassage is weinig gevoelig voor peilverschillen omdat de vispassage meebeweegt met de stuw. Voorwaarde is wel dat het peilverschil over de vispassage niet te groot wordt, zodat de peilsprong per kamer ook niet te groot wordt. Als gevolg van wisselende waterpeilen kunnen zowel de peilsprong per kamer als de stroomsnelheid variëren. Om de vispassage optimaal te laten werken, mag het peilverschil tussen de kamers maximaal 5 cm bedragen.

Doorzweemhoogte en -breedte

In de Meyberg-vispassage heeft het doorzweemvenster een standaardafmeting van 15 bij 22 cm. De waterdiepte in de Meyberg-vispassage is 45 cm.

Turbulentie en energiedemping

De turbulentie in de vispassage wordt onder andere bepaald door het stromingspatroon en het volume van de kamers. Om vissen de mogelijkheid te bieden door de vispassage te zwemmen moet de turbulentie beperkt worden. De turbulentie in de vispassage is toelaatbaar bij een energiedemping van maximaal 100 W/m³. Dit uitgangspunt is bij het ontwerp van de Meyberg-vispassage gehanteerd.



Rustgelegenheid

In de Meyberg-vispassage zijn geen specifieke rustkamers aangebracht.

Lokstroom

De aantrekkingskracht van de lokstroom van een vispassage is afhankelijk van de grootte van de lokstroom, van de stroomrichting en van de locatie van de uitstroomopening. De omvang van de lokstroom van dit type vispassage is beperkt (30 l/s). Gezien de compacte vormgeving kan geen groter debiet worden gerealiseerd. Een groter doorzwemvenster (en dus een groter debiet) zou leiden tot een (te) hoge turbulentie, waarmee de vispasseerbaarheid zou afnemen. Er is wel een verlaging van het debiet mogelijk door de doorzwemvensters te verkleinen of door de vispassage over te dimensioneren (minder peilverschil per bekken⁽³⁾). De lokstroom is min of meer in het midden van de waterloop gelegen. De waterstroming is parallel aan de waterstroom over de stuw.

Uitstroomopening

Voor stroomopwaartse migratie is het van belang dat de bodem van de inzwemopening (ofwel de uitstroomopening) goed aansluit op de waterbodem. Om hiervoor te zorgen wordt er aan de drijvende vispassage een aluminium 'flap' gemonteerd die op de bodem van de waterloop ligt. Deze flap is bekleed met hoogpolig kunstgras om de vis een meer 'natuurlijke' overgang te bieden.

Instroomopening en stroomafwaartse migratie

De instroomopening ligt dichtbij, in feite op de stuw en moet daardoor in principe goed te vinden zijn voor stroomafwaarts migrerende vissen. Probleem kan echter zijn dat slechts een beperkt deel van de afvoer door de vispassage gaat. Bovendien sluit de bodem van de waterloop niet aan op de vispassage. De vispassage kan daardoor moeilijker te vinden zijn voor vissen. Voordeel is wel dat ter hoogte van de doorzwemopening sprake is van een

grotere waterkolom, waardoor de vis naar verwachting sneller gebruik zal maken van de mogelijkheid om stroomafwaarts te migreren dan wanneer de afvoer wordt opgevangen met slechts de hoogte van de waterlaag op de stuw.

14.2 Randvoorwaarden vanuit (water)beheer

Afvoer en peilen

De Meyberg-vispassage wordt aan de stuwklep gehangen. Het debiet dat normaal over de stuwklep zou gaan, wordt nu door en langs de vispassage geleid. Bij grotere debieten kan het water ook over de vispassage heen stromen.

De vispassage wordt op de bestaande klep gemonteerd. Er hoeft dus geen gat in de klep te worden gemaakt. De stuw wordt daarom standaard wat lager ingesteld. Het peil wordt gehandhaafd via de 'vleugels' van de vispassage.⁽³⁾

Aan de bovenstroomse kant van de vispassage is bij de instroomopening een spindel aangebracht waarmee de vispassage afgesloten kan worden. Bij lage afvoeren kan hiermee voorkomen worden dat er water via de vispassage verloren gaat. Het waterpeil kan dan met de klepstand van de stuw en vleugels van de vispassage exact ingesteld worden.

Erosie en sedimentatie

Een Meyberg-vispassage hangt aan de stuwklep. In combinatie met de technische constructie maakt dit de passage weinig gevoelig voor erosie. De stroming in de Meyberg-vispassage is over het algemeen harder en turbulenter dan in de waterloop. Er zal daarom normaal gesproken weinig sedimentatie in de kamers van de vispassage plaatsvinden. Het is wel goed om dit met enige regelmaat te controleren (zie § 14.6).

Peilregulatie

De peilregulatie kan blijven plaatsvinden met normale stuwbediening. Bij hogere afvoeren kan de doorstroming over de stuwklep belemmerd worden. Om dit risico te vermijden kan de vispassage in periodes met grotere afvoer (najaar en winter) relatief eenvoudig verwijderd worden.

14.3 Kenmerken

De werking van de Meyberg-vispassage komt overeen met het principe van de De Wit-vispassage. De vispassage bestaat uit een aantal kamers die met elkaar verbonden zijn via doorzwemvensters. In het basisontwerp van een Meyberg-vispassage is de bekkenlengte 40 cm en de bekkenbreedte 60 cm. De doorzwemvensters zijn afwisselend links en rechts geplaatst. De passage heeft een aluminium 'flap' aan de uitstroomopening. Deze zorgt ervoor dat ook bodemgebonden vissoorten naar de passage toe kunnen zwemmen. De constructie wordt met een scharniermechanisme aan de stuw bevestigd. Hierdoor vraagt de Meyberg-vispassage geen extra ruimte naast de stuw en behoudt de vispassage zijn werking als het peilverschil wijzigt, zo lang het peilverschil niet groter wordt dan het ontwerpverval.

14.4 Hydraulische berekeningen

Er is geen specifieke informatie beschikbaar; berekeningen worden door leverancier uitgevoerd. Algemene formules voor hydraulische berekeningen zijn te vinden in deel 1 van deze handreiking.

14.5 Materialen

De Meyberg-vispassage kan zowel in aluminium als kunststof geleverd worden. Er is nog geen informatie beschikbaar over levensduur van dit type vispassage.

14.6 Beheer en onderhoud

De Meyberg-vispassage kan in het winterseizoen van de stuw afgetakeld en opgeslagen worden. Dan kan de vispassage geheel gereinigd worden. Bij de Meyberg-vispassage in de St. Anthonisloop (van waterschap Aa en Maas) is gebleken dat er veel drijfvuil aan de stuwklep blijft hangen. Hierdoor wordt het bovenstroomse pand hoger opgestuwd dan beoogd. Hoewel de vensters daarbij niet verstopt raakten en de mogelijkheid voor vismigratie waarschijnlijk niet negatief beïnvloed werd, is dit een ongewenst situatie. Maaisel en ander drijfvuil moeten regelmatig verwijderd worden. Net als bij andere vispassages bestaat het risico dat planten en andere drijvende materialen vast komen te zitten in de kamers.

14.7 Arbowet

Voor veilige bediening en onderhoud van de Meyberg-vispassage dient rekening gehouden te worden met de volgende aandachtspunten:

- Op de plek van waaruit de dichtzetconstructie wordt bediend en/of het beheer wordt uitgevoerd (zoals het verwijderen van drijfvuil), dient een functioneel hekwerk geplaatst te worden.
- De vispassage moet met een kraan op en van de stuwklep getakeld worden. Hiervoor moet voldoende ruimte aanwezig zijn.

14.8 Kosten

Jansen-Venneboer is de enige leverancier van de Meyberg-vispassage. Tabel 14.1 geeft een overzicht van de investeringskosten bij verschillende vervalgroottes.⁽³⁴⁾ Richtprijs voor het aanpassen van de bestaande klep of schuif inclusief montage van de vispassage bedraagt € 5.000 exclusief btw (prijspeil januari 2009).

Tabel 14.1 | Overzicht van de investeringskosten voor een Meyberg-vispassage bij verschillende vervalgroottes.

Verval	Prijzen af fabriek (excl. btw)
15 en 20 cm	€ 11.500
25 en 30 cm	€ 12.750
35 en 40 cm	€ 14.000
45 en 50 cm	€ 18.500
55 en 60 cm	€ 19.750

De gemiddelde investeringskosten per cm peilverschil liggen daarmee tussen de € 375 en € 1.100 (exclusief btw), afhankelijk van het peilverschil en de vraag of de bestaande klep of schuif moet worden aangepast.

Exploitatiekosten bestaan uit de tijd die door onderhoudsmedewerkers moet worden besteed. Wekelijks verwijderen van (drijf)vuil en jaarlijks in- en uittakelen van de vispassage kost relatief veel tijd in vergelijking met andere typen technische vispassages.

14.9 Praktische punten tijdens uitvoering

De Meyberg-vispassage wordt alleen geleverd door Jansen-Venneboer.^(31,32) Vanuit Brabantse waterschappen is nog weinig kennis en ervaring met dit type vispassage.

14.10 Ervaring in Noord-Brabant

Waterschap Aa en Maas heeft in maart 2011 een Meyberg-vispassage in gebruik genomen in de St. Anthonisloop bij de stuw te Scheiwal (zie figuur 14.1).



Figuur 14.1 | Meyberg-vispassage in de St. Anthonisloop.

Foto: waterschap Aa en Maas

Het ontwerp-peilverschil bedraagt 40 tot 60 cm. In het droge voorjaar van 2011 is geconstateerd dat het onderpeil van de stuw niet gehandhaafd kon worden. Hierdoor ontstond een te groot peilverschil, dat vissen niet konden overbruggen. Waterschap De Dommel en waterschap Brabantse Delta hebben geen Meyberg-vispassages in gebruik. Van 28 maart tot 8 juni 2012 is de Meyberg-vispassage in de St.Anthonisloop onderzocht.⁽⁶⁶⁾ Tijdens deze monitoring zijn 69 vissen gevangen: ongeveer de helft waren palingen, verder baars, zeelt, snoek en gibel. Hoewel de vensters en kamers van dit type vispassage klein zijn, zijn er snoeken, zeelten en palingen door de passage getrokken met afmetingen van meer dan 30 cm.

In 2007 en 2008 zijn vier (proef)locaties met Meyberg-vispassages onderzocht bij de waterschappen Veluwe, Rijn & IJssel, Rivierenland en Regge & Dinkel. Hierbij werden tussen de 5 en 13 soorten gevangen, in totaal 21 verschillende soorten. In lengte varieerden de gevangen vissen tussen de 2 en 78 cm.⁽⁴⁾

15

Hevelvispassage



Vuistregels

Stroomsnelheid in doorzwemvensters

Maximaal 1 m/s.

Peilsprong

Maximaal 10 cm per kamer.

Afmetingen doorzwemopeningen

Minimaal 20 cm breed en 25 cm hoog.

Rustkamers

Geen.

Energiedemping

Maximaal 100 W/m³.

Lokstroom - omvang

Minimaal 5 tot 10% van de totale afvoer.

Lokstroom - richting

N.v.t. Speciale inzwemconstructie.

Lokstroom - locatie

Speciale inzwemconstructie ter hoogte van migratielimietlijn.

Uitstroomopening

Bodem moet goed aansluiten op waterbodem.

Instroomopening

Bodem moet goed aansluiten op waterbodem.

Afvoer

Afhankelijk van ontwerp, minimaal 10 l/s tot vele m³/s.

Peilregulatie

Stuwbediening wordt niet beïnvloed.

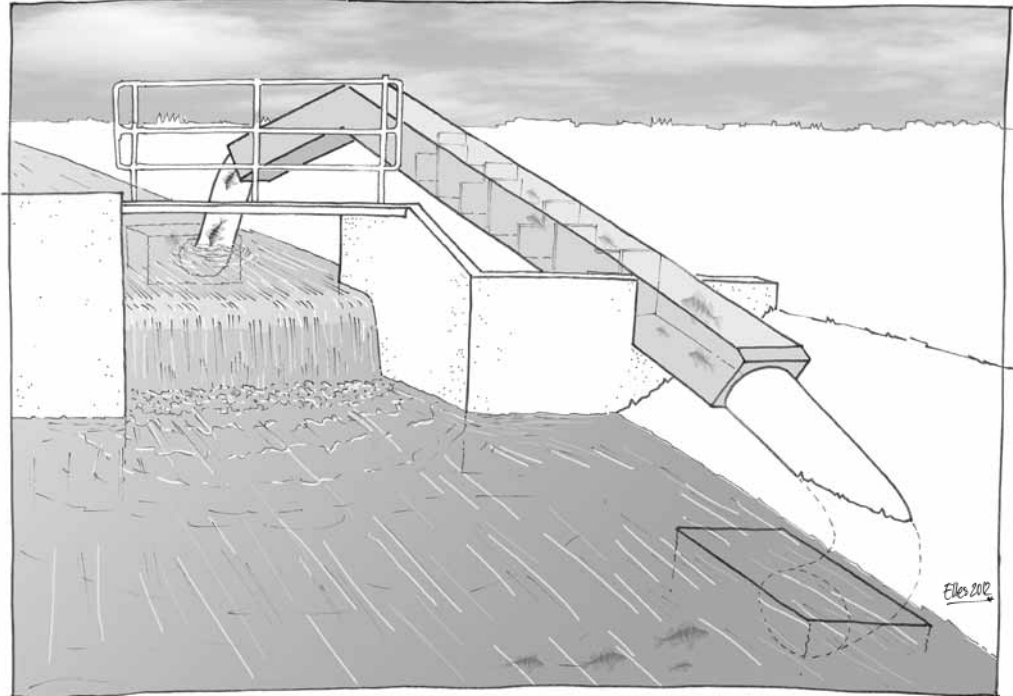
Voordelen

- Geschikt voor situaties met lage afvoeren.
- Regelbaar debiet: de luchtbel biedt de mogelijkheid om het debiet in de passage aan te passen aan de waterstand. Daarmee wordt goede peilbeheersing mogelijk.
- Eenvoudig te ontwerpen en realiseren.
- Gering tot geen ruimtebeslag. Bij ondergrondse varianten is het ruimtebeslag vergelijkbaar met andere technische voorzieningen.

Nadelen

- Nog relatief weinig ervaring met en kennis over de werking op de langere termijn.
 - Ontwerp door leverancier, weinig ervaring bij waterschappen.
 - Regelmatige inspectie nodig in verband met optredende storingen en vandalisme.
 - Energievoorziening voor vacuümpomp nodig (netstroom).
-

15 Hevelvispassage



Het ontwerp van de Fish Flow hevelvispassage is afgeleid van het principe van de De Wit-vispassage (zie hoofdstuk 13). Het is een gesloten bak die het water over de stuw hevelt. De hevelvispassage is onder meer geschikt voor situaties waar weinig ruimte en/of water beschikbaar is. De hevelvispassage kan daarbij bovengronds worden aangelegd of onder het maaiveld worden geplaatst. Door flexibiliteit in dimensies en vormgeving is het ontwerp van de hevelvispassage aan te passen aan lokale situaties.

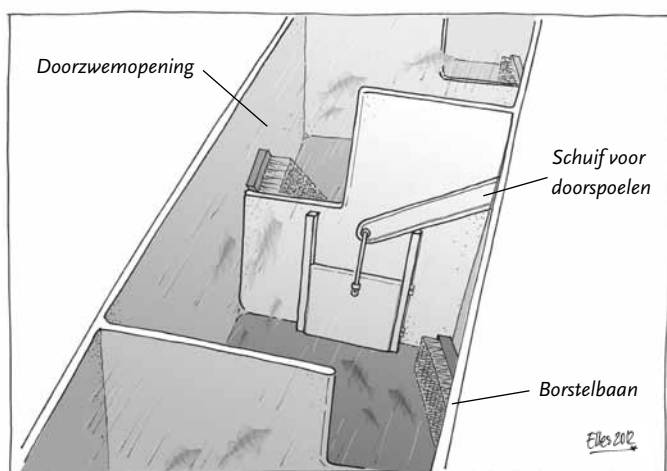
Hoofdlijnen

De FishFlow hevelvispassage (verder: hevelvispassage) is een vispassage die is ontwikkeld door FishFlow Innovations. Dit is de enige leverancier van dit type vispassage. De werking van een hevelvispassage is afgeleid van de De Wit-vispassage. De hevelvispassage is een vispassage in een gesloten bak, die door buizen verbonden is met het water aan weerszijden van de stuw. Met een vacuümpomp wordt het water over het hoogste punt in de hevelvispassage gebracht, waarna de passage water begint te hevelen. Het water stroomt vervolgens over een reeks compartimenten met een klein onderling peilverschil. Deze vispassage stelt vissen in staat om een groot peilverschil via een reeks kleine stappen te overbruggen. De vacuümpomp in de hevelvispassage zorgt voor de aanwezigheid en instandhouding van een luchtbel. De grootte van de luchtbel is bepalend voor het debiet over de vispassage (zie ook § 15.1, stroomsnelheid). De vacuümpomp biedt tevens de mogelijkheid om het debiet door de hevelvispassage aan te passen. In de hevelvispassage zijn borstelbanen aangebracht, waardoor ook macrofauna en slechte zwemmers in staat zijn de passage te overbruggen.

15.1 Functionele eisen vanuit vissen

Stroomsnelheid

Het ontwerp van de hevelvispassage is aan te passen op elk gewenst debiet. In Noord-Brabant zijn tot nu toe alleen hevelvispassages aangelegd met een relatief klein debiet. Het debiet, en daarmee de stroomsnelheid door de passage, kan geregeld worden door een luchtbel in het hoogste punt van de hevelvispassage te vergroten of verkleinen. Het instelbare debiet, het om en om plaatsen van doorzwemvensters en de aanwezigheid van borstelbanen zorgen ervoor dat stroomsnelheden binnen de hevelvispassage variëren. De variatie in stroomsnelheden moet er voor zorgen dat de hevelvispassage voor alle doelsoorten te passeren is. De keuze van doelsoorten is leidend voor het ontwerp van de hevelvispassage en de stroomsnelheden die worden toegestaan.



Figuur 15.1 | Binnenkant van hevelvispassage. Linksboven is het doorzwemvenster zichtbaar. In het midden is de schuif te zien voor het doorspoelen van de passage. Rechts onder en linksboven zijn de borstels te zien.

Peilsprong

De hevelvispassage is niet gevoelig voor peilverschillen, omdat de in- en uitstroomopeningen van de vispassage onder water liggen. Voorwaarde is wel dat het peilverschil over de vispassage niet te groot wordt. Bij het ontwerp van hevelvispassages wordt als vuistregel aangehouden dat per 10 cm peilverschil een tussenschot wordt aangelegd. Een peilverschil van 65 cm wordt dus met ten minste 7 kamers opgevangen. Er is geen beperking in het te overbruggen peilverschil, zeker niet voor situaties zoals deze in Noord-Brabant aanwezig zijn. De maximale afstand tussen het bovenstroomse peil en het hoogste punt van de hevelvispassage bepaalt de benodigde sterkte van de vacuümpomp en de sterkte van het buismateriaal.

Doorzweemhoogte en -breedte

In hevelvispassages worden de doorzweemhoogte en -breedte bepaald door de grootte van de doorzweemopeningen. De doorzweemopeningen hebben een minimale hoogte van 25 cm en een minimale breedte van 20 cm. Deze afmetingen komen overeen met de minimale afmetingen van de De Wit-vispassage.

Turbulentie en energiedemping

Voor een goede vispasseerbaarheid is het van belang dat de turbulentie in de hevelvispassage niet te hoog is. De energie die als gevolg van een peilsprong in het water aanwezig is, moet bij de volgende peilsprong volledig uit het water zijn. Dit kan worden bereikt door het bekken tussen de beide peilsprongen voldoende volume te geven. Bij het ontwerp van hevelvispassages wordt uitgegaan van een maximaal toegestane turbulentie van 100 W/m^3 . Het benodigde bekkenvolume kan afgeleid worden uit de formule van Larinier (zie § 3.4).

Rustgelegenheid

In de hevelvispassage zijn geen grotere rustkamers aanwezig. Aangezien de stroomsnelheden in de hevelvispassage erg laag zullen zijn, wordt verwacht dat dit niet nodig is. Indien deze vispassage een groot peilverschil moet overbruggen en een groot debiet kent, kan dit wel overwogen worden. De in- en uitzwembakken vormen wel geschikte rust- en schuilgelegenheden.

Lokstroom

De aantrekkingskracht van de lokstroom van een hevelvispassage is afhankelijk van de locatie van de uitstroomopening en van de verhouding tussen het debiet van de vispassage en het debiet over de stuw. De relatieve omvang van de lokstroom is afhankelijk van het debiet door de passage en in de Brabantse praktijk meestal vrij beperkt. In het ontwerp van de hevelvispassage is ervan uitgegaan dat de locatie en 'vindbaarheid' van de lokstroom belangrijker zijn dan het debiet van de lokstroom.

Uitstroomopening

De uitstroomopening (inzweemopening) van de hevelvispassage komt uit in een 'bak' die aansluit op de bodem van de waterloop. Het idee is dat stroomopwaarts migrerende vis die bij de stuw aankomt 'op zoek' gaat naar een plek om verder te zwemmen. De bak is een beschutte plek waar de vis in kan zwemmen. In de bak voelt de vis de lokstroom waarna

deze de hevelvispassage in kan zwemmen.⁽⁵⁶⁾ De uitstroomopening wordt benedenstrooms van de stuw geplaatst, net buiten de turbulente zone.

Instroomopening en stroomafwaartse migratie

Net als de uitstroomopening komt ook de instroomopening uit in een 'bak' die aansluit op de bodem van de waterloop. De opening van de bak is naar de stuw toe gericht zodat drijfvuil niet gemakkelijk de hevelvispassage in kan stromen, maar eerder over de stuw zelf gaat. De hevelvispassage is in principe voor zowel stroomopwaarts als -afwaarts migrerende vissen te passeren. Bij stroomafwaartse migratie volgen vissen de hoofdstroom. In situaties waar deze over de stuw gaat, is te verwachten dat relatief weinig stroomafwaarts migrerende vissen gebruik zullen maken van de hevelvispassage. Omdat de opening van de instroombak naar de stuw gericht is, zal deze opening voor vissen niet goed te vinden zijn. Als er meer debiet door de hevelvispassage gaat dan over de stuw (wat bijvoorbeeld in droge perioden het geval kan zijn), dan zal de stroomafwaartse migratie mogelijk wel via de hevel plaatsvinden.

15.2 Randvoorwaarden vanuit (water)beheer

Afvoer en peilen

Een hevelvispassage vraagt een debiet van minimaal 10 l/s. Indien water bovenstrooms moet worden vastgehouden, kan de hevelende werking worden opgeheven door het vacuüm te doorbreken. De hevelvispassage stopt dan met stromen. Peilbeheer kan, bij voldoende debiet, gewoon door de stuw uitgevoerd worden.

Erosie en sedimentatie

Een hevelvispassage is een technische constructie die naast de stuw ligt. Dit maakt de vispassage weinig gevoelig voor erosie. De stroming in de hevelvispassage is turbulenter dan in de waterloop. Daarom zal normaal gesproken weinig tot geen sedimentatie in de kamers plaatsvinden. Eventueel aanwezig sediment wordt met het doorspoelen van de vispassage weggespoeld (zie § 15.6).

Peilregulatie

Peilregulatie vindt doorgaans plaats met normale stuwbediening. De hevelvispassage kan zowel bij zomer- als bij winterpeil functioneren.

15.3 Kenmerken

De lengte van de hevelvispassage is afhankelijk van het te overbruggen hoogteverschil en de beschikbare ruimte op de locatie. De gebruikelijke afstand tussen twee tussenschotten bedraagt 80 tot 150 cm. Net als de lengte is de doorsnede van de buis afhankelijk van de situatie op de locatie. Bij de meeste hevelvispassages worden buizen gebruikt met een doorsnede van tussen de 80 en 240 cm. De dimensionering van de hevelvispassage wordt uitgevoerd door de leverancier op basis van het te overbruggen peilverschil en het ontwerpdebiet.

15.4 Hydraulische berekeningen

Er is geen specifieke informatie beschikbaar; berekeningen worden door leverancier uitgevoerd. Algemene formules voor hydraulische berekeningen zijn te vinden in deel 1 van deze handreiking.

15.5 Materialen

De hevelvispassage wordt uitgevoerd in composiet materiaal (vezelversterkt kunststof). De in- en uitstroombakken kunnen van composiet of van beton gemaakt worden. De levensduur van de materialen wordt door de leverancier voorzien op minimaal 50 jaar. De hevelvispassages die in de grond aangelegd worden, kunnen zo stevig gemaakt worden dat er overheen gereden kan worden.

15.6 Beheer en onderhoud

Om de hevelvispassage te reinigen zijn alle schotten voorzien van optrekbare schuiven. Door alle schuiven gelijktijdig op te trekken kan de hevelvispassage worden doorgespoeld. Hierdoor worden eventuele ophopingen van sediment en vuil verwijderd. Het doorspoelen dient bij voorkeur elke maand plaats te vinden, maar minimaal twee maal per jaar. De ophoping van vuil voor de hevelvispassage wordt voorkomen door de instroomopening naar de stuw te richten. De bedoeling hiervan is om vuil zoals maaisel af te voeren richting stuw. Als de afvoer beperkt is (en het merendeel van de afvoer dus door de vispassage gaat), zal het vuil ook de vispassage inspoelen. Om te voorkomen dat grote stukken drijfvuil de vispassage inkomen is een vuilrooster aangebracht voor de opening van de instroombak.

De hevelvispassage moet in de migratieperiode frequent (minimaal wekelijkse) worden geïnspecteerd om eventuele lekkages en/of andere storingen te verhelpen. Om de 20.000 draaiuren dienen de schottenpompjes in de vacuümpomp vervangen te worden.

15.7 Arbowet

Voor een veilige bediening en onderhoud van de hevelvispassage zijn geen specifieke eisen van toepassing. Zie voor de algemene aandachtspunten § 5.3.

15.8 Kosten

De investeringskosten voor de aanleg van een hevelvispassage zijn vergelijkbaar met die van een De Wit-vispassage. Onderstaande bedragen zijn gebaseerd op de aanleg van vier hevelvispassages in 2011 bij waterschap Aa en Maas. De totale kosten bedroegen tussen de € 70.000 en 85.000 per passage (excl. btw), zonder planvormings- en andere

voorbereidingskosten. De gemiddelde investeringskosten per cm peilverschil bedroegen € 775 - € 2.250.

De exploitatiekosten van de hevelvispassage worden vooral bepaald door de tijd van onderhoudsmedewerkers voor uitvoeren van inspecties en kleine reparaties. Daarnaast moet de pomp jaarlijks onderhouden worden. Verder zijn er kosten voor de energiebehoefte van de vacuümpomp. Deze kosten zijn laag, omdat de vacuümpomp maar af en toe aanslaat.

15.9 Praktische punten tijdens uitvoering

De hevelvispassage wordt alleen geleverd door FishFlow Innovations. De aanleg kan door marktpartijen worden uitgevoerd. Als ontwikkelaar van dit type vispassage kent de leverancier alle in's en out's van de uitvoering. Vanuit de waterschappen is er nog weinig kennis en ervaring met dit type vispassage.

Elke innovatie kent kinderziektes, zo ook de hevelvispassage. Bij de aanleg van de eerste twee hevelvispassages in de Hertogswetering is veel geleerd. Robuuste kijkvenstertjes bleken niet bestand tegen vandalisme; extra dikke voorzetvensters evenmin. De meest recent opgeleverde hevelpassages zijn grotendeels ondergronds aangelegd, wat ervoor zorgt dat de kans op schade door vandalisme lager is.

Naast schade door vandalisme is een vacuümpomp doorgebrand, die enkele weken continu had gedraaid. Een extra schakeling in de schakelkast voorkomt nu dat de pomp continu blijft werken.

Verder bleken kitranden te kunnen gaan lekken. Dit is verholpen door het lamineren van de naden.

Ook bij vier ondergronds afgewerkte hevelvispassages in de Kawaise Loop traden problemen op. Drie van deze hevelvispassages werden in eerste instantie gevoed door een zonnepaneel, één is direct op netstroom aangesloten. De hevelvispassage op netstroom functioneerde (technisch) vanaf het begin vrijwel zonder storingen. De hevelvispassages met een zonnepaneel vertoonden relatief veel elektrische storingen. Daarom is in de loop van 2012 besloten deze hevelvispassages om te bouwen en eveneens aan te sluiten op het vaste stroomnet.

15.10 Ervaringen in Noord-Brabant

Tabel 15.1 geeft een overzicht van een aantal hevelvispassages die zijn onderzocht op vispasseerbaarheid. Binnen Noord-Brabant heeft alleen waterschap Aa en Maas ervaring met hevelvispassages.

Tabel 15.1 | Overzicht van onderzochte hevelvispassages in Noord-Brabant en in de Maas.

<i>Watergang en locatie</i>	<i>Aanleg</i>	<i>Monitoring</i>	<i>Plaatsing</i>
Hertogswetering: Berghem	2006	2006/2007 ⁽³⁹⁾ 2010 ⁽¹³⁾	Bovengronds
Hertogswetering: Oijense Hut	2009	2010 ⁽¹³⁾	Ondergronds
Maas: Roermond	2008	2008/2009 ⁽¹⁸⁾	Bovengronds
Kawaise Loop: Molenhof	2011	2012 ⁽⁶⁶⁾	Ondergronds

Waterschap Aa en Maas

Waterschap Aa en Maas heeft in 2006 de allereerste hevelvispassage in gebruik genomen in de Hertogswetering bij de stuw te Berghem (figuur 15.2). Om ervaring met dit type vispassage op te doen in situaties waar geen ruimte is voor een conventionele vispassage, is de constructie over de betonnen steunwanden van de stuw heen gelegd. In 2009 is de tweede hevelvispassage (ook in de Hertogswetering) aangelegd. Deze is bij de stuw Oijense Hut ingegraven en om de stuw heen gelegd (figuur 15.3). In 2011 zijn in de Kawaise Loop nog vier ingegraven hevelvispassages opgeleverd.



Figuur 15.2 | Hevelvispassage bij de stuw Berghem in Hertogswetering, vlak na aanleg. Rechts is de inzwembak te zien.

Foto: waterschap Aa en Maas

In 2006 en 2007 is de eerste hevelvispassage in de Hertogswetering bij Berghem gemonitord ⁽³⁹⁾ en in 2010 zijn beide hevelvispassages in de Hertogswetering gemonitord. ⁽¹³⁾ Voor de monitoring zijn speciale fuikconstructies gemaakt die aan de bovenstroomse zijde bij de uitzwemopening vastgemaakt konden worden. In beide monitoringsrondes zijn diverse vissoorten van verschillende lengtes gevangen (11 à 12 soorten). De vangsten vormden qua soortensamenstelling en lengtes een goede afspiegeling van de lokale visstand. Het zwaartepunt van de vangsten lag zowel in 2006/2007 als in 2010 bij kleinere vis (kleiner dan 16 cm). In 2006/2007 is bij Berghem nog wel wat grotere brasem (maximaal 43 cm) en paling aangetroffen. In 2010 is bij beide hevels weinig grotere vis

gevangen. Bij regulier visstandonderzoek in de Hertogswetering is echter ook weinig grotere vis aangetroffen. Op basis van de onderzoeken kan geconcludeerd worden dat de hevelvispassage in de Hertogswetering voor kleine vissen goed werkt. Op basis van deze onderzoeksresultaten is niet goed vast te stellen in hoeverre grotere vissen gebruik kunnen maken van de hevelvispassage.

In 2012 is een hevelvispassage in de Kaweise loop gemonitord.⁽⁶⁶⁾ De hevelvispassage maakt hier onderdeel uit van een groter vispassage waarin ook een V-vormige bekkenpassage is opgenomen. De monitoring betrof alleen de hevelvispassage. In de periode van 12 maart tot 8 juni 2012 zijn in totaal 12.375 vissen gevangen. Meer dan 90% hiervan was riviergrondel (11.458 stuks). Verder zijn er veel blankvoorns gevangen en in mindere mate alver, kolblei, bermpje, baars, winde, giebel, ruisvoorn, karper, pos, kleine modderkruiper en paling. Nagenoeg alle vis was kleiner dan 21 cm, alleen twee karpers en één paling waren groter dan 31 cm.



Figuur 15.3 | Ingegraven
Hevelvispassage bij de stuw
Oijense Hut in de Hertogswetering.

Foto: Bureau Waardenburg

Rijkswaterstaat

In 2008 en 2009 is bij de Maasstuw bij Roermond een onderzoek uitgevoerd om de werking van een reeds aangelegde bekkervispassage te vergelijken met een speciaal voor het onderzoek aangelegde hevelvispassage. In het onderzoek is geconcludeerd dat door de bekkervispassage significant meer vissen zijn gepasseerd dan door de hevelvispassage.^(18,30)

16

Nieuwe typen vispassages



16 Nieuwe typen vispassages

De laatste jaren zijn nieuwe typen vispassages ontwikkeld die nog niet in Noord-Brabant worden toegepast. Dit hoofdstuk geeft een kort overzicht van nieuwe vispassages die kansrijk geacht worden voor de Brabantse omstandigheden. Dit hoofdstuk gaat, net als de rest van het document, alleen in op vispassages voor barrières als stuwen en niet op vispassages voor gemalen.

16.1 Schutte-vispassage

Werking en toepassing

De buitendienst van Waterschap Groot Salland voert sinds enkele jaren de keerwanden bij klepstuwen uit in beton. Dit biedt de mogelijkheid om tussen de keerwanden een compacte variant van de De Wit-vispassage te plaatsen, de zogenaamde Schutte-vispassage (zie figuur 16.1). Deze vispassage heeft kleinere kamers dan de standaard De Wit-vispassage en de vensters zijn driehoekig in plaats van rechthoekig. Dit beperkt het lekverlies. De venstervorm biedt de mogelijkheid om de doorzwemopening met een schuif gedeeltelijk te sluiten, met behoud van de driehoekige vorm. Wel neemt de stroomsnelheid in het betreffende venster dan toe.

De kosten van de Schutte-passage zijn relatief laag, zeker als uitvoering plaatsvindt in combinatie met de aanleg of de renovatie van een stuw (gemiddeld € 2.500 per vispassage met maximaal zes kamers en 30 cm verval). Het waterschap Groot Salland wil de Schutte-passage verder optimaliseren door een vlottersysteem te koppelen aan de schuif, zodat de vispassage automatisch sluit bij lage waterstanden. De mate waarmee het venster wordt dichtgezet is afhankelijk van het waterpeil en het toegestane lekverlies. ⁽⁶⁴⁾



Figuur 16.1 | Schutte-vispassage met zes kamers, ingeklemd tussen de keerwanden van de stuw. Foto: waterschap Groot Salland

Aandachtspunten

- De kleinere vensteropeningen zijn mogelijk gevoeliger voor verstopping. De standaard venstergrootte van de De Wit-vispassage is geoptimaliseerd op het beperken van lekverliezen en het voorkomen van verstopping. Bij de keuze van kleinere vensters neemt de kans op verstopping sterk toe. ⁽⁷⁵⁾
- Bij het gedeeltelijk sluiten van vispassages kan onduidelijkheid ontstaan over de vraag of de vispassage al dan niet helemaal open staat, omdat de passage immers ook in half geopende stand water doorlaat. Een half geopende klep kan de paseerbaarheid negatief beïnvloeden. In deze handreiking kiezen we er juist voor om vispassages helemaal open of helemaal dicht te zetten (twee-standenschuif). ⁽⁶⁴⁾

16.2 Alternatieve vertical slot vispassage

Werking en toepassing

Waterschap Regge en Dinkel heeft in de Regge een vertical slot vispassage in een nevengeul aangelegd, waarbij de slots bestaan uit grote zeshoekige, kunstmatige stenen. In plaats van kamers is eerder sprake van bekkens en de constructie kan daarmee gezien worden als een variant tussen een bekkervispassage en een vertical slot vispassage. Voor een meer natuurlijke uitstraling kan gebruik gemaakt worden van langwerpige, rechte natuurstenen (60 tot 80 cm lang, 20 tot 30 cm breed).

Aandachtspunten

Voor dit type zijn geen specifieke aandachtspunten anders dan al genoemd in hoofdstuk 10 (bekkervispassage) en 12 (vertical slot vispassage).

16.3 De Wit-sluisvispassage

Werking en toepassing

De De Wit-sluisvispassage bestaat uit een ronde buis met zowel aan de in- als uitstroomzijde een schuif die fungeert als dichtzetconstructie (zie figuur 16.2). Eén schuif staat helemaal open en de ander bijna dicht. Door de bijna gesloten schuif stroomt water dat als lokstroom dient. De schuiven gaan afwisselend open en bijna dicht. Als de bovenstroomse schuif bijna dicht staat, kunnen vissen de buis in zwemmen. Vervolgens wordt de bovenstroomse schuif volledig geopend en de benedenstroomse schuif bijna gesloten. De vissen kunnen dan de barrière passeren en verder stroomopwaarts trekken. Omgekeerd is ook stroomafwaartse migratie mogelijk.

De De Wit-sluisvispassage kan worden toegepast bij gemalen, maar ook bij stuwen met een hoog verval of in wateren met geringe afvoer. ⁽⁷⁴⁾



Figuur 16.2 | Schematische weergave van de De Wit-sluisvispassage.

Aandachtspunten

- De vispassage heeft als voordeel dat er weinig waterafvoer nodig is, circa 30 l/s bij een diameter van 60 cm. Dit is nog verder te beperken door de vispassage alleen gedurende bepaalde perioden te laten werken. De vispassage is weinig gevoelig voor verstopping. Bij stuwen met een groot verval (meer dan 1 m) is de vispassage bovendien goedkoper dan conventionele vispassages.
- De vispassage heeft als nadeel dat er elektriciteit nodig is voor de bediening van de schuiven. Verder is er nog weinig onderzoek naar het functioneren van deze vispassage gedaan. De eerste resultaten lijken echter positief te zijn. ⁽⁷⁴⁾

16.4 Temporele vispassage

Werking en toepassing

In het verleden lag er bij sommige watermolens een zone die bij hoge afvoeren onderliep. Daardoor konden er waarschijnlijk vissen migreren. Het terugbrengen van een dergelijke zone, waar in de vismigratieperiodes water stroomt, kan een effectieve maatregel zijn om de vismigratie te herstellen terwijl de cultuurhistorische waarden (van bijvoorbeeld een watermolen) behouden blijven.

Een temporele vispassage kan worden toegepast bij stuwen en watermolens waar de afvoer sterk fluctueert en waar ruimte beschikbaar is om langs het obstakel een vispassage aan te leggen. Deze temporele vispassage is een variant op de traploze nevengeul (zie figuur 16.3). ⁽⁴⁴⁾



Figuur 16.3 | Monding van de temporele nevengeul bij de Schouwmolen in de Itterbeek.

Foto: Stichting RAVON

Aandachtspunten

- Er moet voldoende ruimte aanwezig zijn om een nevengeul om de watermolen (of ander obstakel) heen te leiden.
- De vispassage functioneert alleen in perioden met hoge afvoer.
- Er is nog weinig onderzoek naar de werking gedaan. Op basis van eerste onderzoeksresultaten in de Itterbeek lijkt het concept van vismigratie via een temporele nevengeul kansrijk. ⁽⁴⁴⁾

16.5 Viskanopassage

Werking en toepassing

De viskanopassage is gebaseerd op het principe van een vertical slot vispassage. In dit type vispassage zijn de tussenschotten uitgevoerd door groepen verticale 'borstels' aan te brengen (zie figuur 16.4).⁽²⁶⁾ Deze passage is specifiek ontwikkeld om ook kanovaarders de mogelijkheid te bieden om een stuw te passeren (zie voorblad hoofdstuk 16). In reguliere vispassages is dat vaak niet mogelijk (technische passages) of minder gewenst of niet toegestaan (semi-natuurlijke passages).

In 2007 is in de Havel in Fürstenberg (Duitsland) de eerste viskanopassage in gebruik genomen. Onderzoekresultaten laten zien dat een viskanopassage voor verschillende vissoorten en verschillende lengteklassen stroomopwaarts passeerbaar is.⁽²²⁾ Daarna is het ontwerp verder ontwikkeld voor het gebruiksgemak van kanovaarders, verschillende debieten en peilverschillen. Inmiddels zijn er in Duitsland ongeveer 25 passages van dit type aangelegd. Ook in Engeland zijn enkele viskanopassages aangelegd.



Figuur 16.4 | Borstels in de viskanopassage.

Foto: Ingenieurbüro für Hydraulik und Hydrometrie

Aandachtspunten

Er is nog geen ervaring met dit type vispassage in Nederland.

Literatuurlijst en bijlagen

Literatuurlijst

1. Arntz, J. (2008). *De Meybergvistrap maakt kleine wateren weer optrekbaar*. Visionair 2 (7): 33-35.
2. Arntz, J., Baars, D. & Kroes, M. (2010). *Vispassages in de Leigraaf*. Tauw bv afdeling Water, in opdracht van Waterschap Aa en Maas.
3. Arntz, J. (2011). *E-mail met nadere informatie over de Meyberg-vispassage*. Tauw.
4. Arntz, J. (2011). *Praktijkervaringen met de Meyberg-vispassage*. Ravon 41(3): 58-63.
5. Beers, M.C. & J. Kampen, (2006). *Monitoring van twee vispassages in de Aa of Weerij*. AquaTerra Water en Bodem B.V. Geldermalsen. In opdracht van Waterschap Brabantse Delta.
6. Beers, M.C. (2011). *Winde wil de West-Brabantse beken optrekken*. Visionair 5 (22): 20-23.
7. Bermúdez, M, J. Puertas, L. Cea, & L. Balairón (2010). *Hydraulic efficiency assessment of several vertical slot fishway designs*. University of A Coruña & Centro de Estudios Hidrográficos (Spanje).
8. Boersema, M., B. Vermeulen, P. Torfs, T. Hoitink, G. Roelofs & G. Van den Houten (2011). *Hydraulisch functioneren vispasseerbare cascades*. Stowa rapport 22, Amersfoort.
9. Boiten, W. (1989). *De V-vormige vistrap: optimalisatie van het hydraulisch ontwerp*. Waterloopkundig Laboratorium WL, Delft.
10. Boiten, W. (1991). *Hydraulic design of the pool-type fishway with V-shaped overfalls*. Proceedings of the International Symposium on Fishways, Gilu, Japan, 8-10 October 1990: 483-490.
11. Boiten, W. & A. Dommerholt (2004). *Uniform ontwerp van de aangepaste De Wit-vispassage. Afvoerrelatie en snelheidsverdeling*. Wageningen Universiteit Sectie Waterhuishouding. Rapport 123, Wageningen.
12. Brenninkmeijer A., E. Wijmenga, D. van Dullemen, M.M.M. K. Kuiken & H. Horn (2005). *Monitoring vispassages Roptazijl en Terschelling 2002-2004*. Altenburg & Wijmenga ecologisch onderzoek, Veenwouden.
13. Broeckx, P.B., J.H. Bergsma & J.L. Spier (2010). *Vismigratieonderzoek Hertogswetering. Hevelvispassages en 'De Wit' passage in beheergebied Waterschap Aa en Maas*. Bureau Waardenburg bv, in opdracht van Waterschap Aa en Maas.
14. Bruijn, N. de (2011). *Bediening van vispassages binnen HDSR*, Interne notitie, versie april 2011, Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden.
15. Buysse, D., R. Baeyens, S. Martens & J. Coeck (2006). *Radiotelemetrieonderzoek naar het gebruik van een bekkenvistrap door kopvoorn*. Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek. In opdracht van VMM, afdeling water, Brussel, België.
16. Caldenhoven, R. & M. Kroes (2008). *Beoordeling functionaliteit 7 vispassages en een onderleider*. VisAdvies BV, Utrecht.
17. Coeck, J., A. Vandellanoot & R. Yseboodt (1991). *Visdoorgangen voor laaglandbeken*. Werking, bouw en evaluatie. Instituut voor Natuurbehoud, Hasselt.
18. DHV (2009). *Bekkenvistrap en Hevelvistrap in de Maas. Een onderlinge vergelijking van twee vistrappen bij stuw Roermond*. VisAdvies, DHV en ATKb. In opdracht van Rijkswaterstaat Limburg.
19. Eigenhuijsen, E. & J. Luijendijk (2010). *Voorlopig Ontwerp Bovenloop Donge*. Tauw, Eindhoven.

20. Emmerik, W.A.M. van & H.W. de Nie (2005). *De zoetwatervissen van Nederland. Ecologisch bekeken*. Organisatie ter Verbetering van de Binnenvisserij, Nieuwegein.
21. ETI BioInformatics, *Soortenbank. Dieren, planten en paddenstoelen in Nederland*. Opgehaald 26 Januari 2011, van www.soortenbank.nl.
22. Fredrich, F., R. Krause & A. Fredrich (2009). *Funktionskontroll (Fischaufstieg) des Fisch-Kanu-Passes in Fürstenberg/Havel - Abschlussbericht*. Stadt Fürstenberg.
23. Froese, R. & D. Pauly. (2012). *FishBase, World Wide Web electronic publication*. Opgehaald 1 februari 2011, van www.fishbase.org.
24. Grinten E. van der, F.C.J. van Herpen, H.J. van Wijnen, C.H.M. Evers, S. Wuijts & W.Verweij (2008). *Afleiding maximumtemperatuurnorm goede ecologische toestand (GET) voor Nederlandse grote rivieren*. RIVM, Bilthoven.
25. Hartong, H. & P. Termes (2009). *Handboek debietmeten in open waterlopen*. Stowa rapport 41, Amersfoort.
26. Hassinger, R. (2012). *Gebaseerd op e-mail (30-9-2012)*. Ingenieurbüro für Hydraulik und Hydrometrie.
27. Heuts, P. (2005). *Verbeterde 'De Wit' vispassage voor laaglandwateren*. Vissennetwerk 2004-2005, OVB, Nieuwegein.
28. Hoogerwerf, G., P. Voorn & N. ten Heggeler (2005). *Evaluatie van vier vispassages in het beheergebied van Waterschap De Dommel*. Natuurbalans - Limes Divergens B.V. In opdracht van Waterschap De Dommel.
29. Hop, J. (2011). *Vismigratie Rijn-Maasstroomgebied - samenvatting op hoofdlijnen*. ATKB, Geldermalsen. In opdracht van Rijkswaterstaat Zuid-Holland.
30. Huizinga-Heringa, J.C. (2009). *Brief aan Tweede Kamer m.b.t. uitvoering proef hevelvistrap dd 18 december 2009, bijlage 2 Samenvatting rapport*.
31. Jansen Venneboer Groep (2007). *Vriendelijk voor vis*, Informatieleaflet Meyberg-vispassage.
32. Jansen Venneboer Groep (2008). *In kunststof nog duurzamer!*, Informatieleaflet Meyberg-vispassage.
33. Jansen, M. (2011). *Monitoring en evaluatie van vismigratievoorzieningen*. Arcadis, Apeldoorn, i.o. v. waterschap Aa en Maas, waterschap De Dommel, waterschap Regge en Dinkel, Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden, waterschap Veluwe en waterschap Zuiderzeeland.
34. Jansen Venneboer (2012). *Ondernemende partner in civieltechnische projecten*. Opgehaald op 19 juli 2012, van <http://www.jansen-venneboer.com>.
35. Jong, W. de (2011) *Persoonlijke mededeling*. Stichting Brabants Landschap.
36. Katopodis, C. (1992). *Introduction to fishway design (unpublished working document)*. University Crescent (Canada).
37. Keeken, O. van. (2011). *Gebaseerd op e-mail (14-02-2011)*. Imares.
38. Kessel, N. van, D.M. Soes & R. van Eekelen (2006). *Monitoring vispassages in het Meertje en de polder van Beek-Ubbergen. Onderzoek aan vier vispassages*. Bureau Waardenburg, Culemborg. In opdracht van Waterschap Rivierenland.
39. Klinge, M. (2007). *Evaluatie van de Fishflow hevelvistrap in de Hertogswetering te Berghem*. Witteveen+Bos, Deventer.
40. Knaepkens, G., K. Baekelandt & M. Eens (2006). *Fish pass effectiveness for bullhead (Cottus gobio), perch (Perca fluviatilis) and roach (Rutilus rutilus) in a regulated lowland river*. Ecology of Freshwater Fish 15(1): 20-29.

41. Knaepkens, G., E. Maerten & M. Eens (2007). *Performance of a pool-and-weir fish pass for small bottom-dwelling freshwater fish species in a regulated lowland river*. In: Animal Biology 57(4): 423-432.
42. Koole, M. (2007). *Monitoring van twee vispassages in de Chaamse beek en de Bijloop*. AquaTerra Water en Bodem B.V., Geldermalsen. In opdracht van Waterschap Brabantse Delta.
43. Koopmans, M. (2011). *Monitoring vispassages Wier en Oude Leije - Voorjaar 2011*. Altenburg & Wymenga ecologisch onderzoek. In opdracht van Wetterskip Fryslân.
44. Kranenbarg, J., J. Kemper, A. de Bruin & R. Lenders (2011). *Migratie door een temporele nevengeul en habitatgebruik van vissen in de Itterbeek*. Ravon, Nijmegen.
45. Kroes, M.J., G.C.W. Beek, J.H. Kemper & J.C.A. Merckx (2005). *Monitoring vispassage Bieberg in de Bovenmark bij Breda*. OVB Onderzoeksrapport KO2005018, Organisatie ter Verbetering van de Binnenvisserij, Nieuwegein.
46. Kroes, M.J. & S. Monden (2005). *Vismigratie, een handboek voor herstel in Vlaanderen en Nederland*, OVB en Ministerie van de Vlaamse gemeenschap AMINAL, afdeling Water, Brussel.
47. Kroes, M.J., J.C.A. Merckx & F.T. Vriese (2006). *Evaluatie vispassages Aa en Maas*. Visadvies, Utrecht. In opdracht van Waterschap Aa en Maas.
48. Kroes, M.J. & R. Caldenhoven (2008). *Beoordeling functionaliteit 7 vispassages en een onderleider Waterschap Regge en Dinkel*. Visadvies, Nieuwegein. In opdracht van Waterschap Regge en Dinkel.
49. Kroes, M.J. & J. van Giels (2009). *Monitoring vijf vismigratievoorzieningen en inventarisatie twee meanders voor waterschap Brabantse Delta, voorjaar 2009*. Projectnummer VA2009_01. VisAdvies & ATKB, Nieuwegein.
50. Kroes, M.J. (2011). *Notitie voorontwerp V-vormige bekkenpassage Bredase stuw (Koolhoven)*. Tauw, Utrecht.
51. Laak de, G.A.J. & J.H. Kemper (2004). *Onderzoek naar de vispasseerbaarheid van een gecombineerde vispassage/venturi-meetdoorlaat in de Strijbeekse beek (NB)*. OVB Onderzoeksrapport 00227. Organisatie ter Verbetering van de Binnenvisserij, Nieuwegein.
52. Lange, M.C. de & W.A.M. van Emmerik (2006). *Kennisdocument bittervoorn Rhodeus amarus (Bloch, 1782)*. Kennisdocument 15, Sportvisserij Nederland, Bilthoven.
53. Lange, M.C. de & M.J. Kroes (2006). *Geautomatiseerde monitoring van vismigratie door de vispassage bij de Bieberg, voorjaar 2006*. Projectnummer VA2006_09. VisAdvies BV, Utrecht.
54. Larinier, M. (1983). *Guide for the design of devices facilitating the clearing of dams and obstructions by migratory fish*. Bulletin français de Pisciculture, Num. Spéc.: 1-39.
55. Loon, L. van (2012). *Persoonlijke mededeling*. Hydrion B.V.
56. Manshanden, G. (z.j.). *Persoonlijke mededeling*. Fishflow Innovations.
57. Nie, H.W. de (1996). *Atlas van de Nederlandse zoetwatervissen*. Stichting Atlas verspreiding Nederlandse zoetwatervissen, Doetichem.
58. Raat, A.J.P. (red.) (1994). *Vismigratie, visgeleiding en vispassages in Nederland*. Organisatie ter Verbetering van de Binnenvisserij, Nieuwegein.
59. Ravon (2011), *Reptielen, amfibieën, vissen onderzoek Nederland*. Opgehaald 27 Januari 2011, van www.ravon.nl.

60. Riemersma, P. & I. de Vries (2011). *Succesfactoren bij vispassages 2011/2012*. Stichting Wateropleidingen, Nieuwegein.
61. Rijkswaterstaat (2009). *Bekkenvistrap en hevelvistrap in de Maas*, DHV, Limburg.
62. Rutjes, P. & J. Kampen (2005). *Onderzoek naar de werking van 11 vispassages in het beheersgebied van Waterschap Rijn en IJssel in 2005*. AquaTerra Water en Bodem B.V., Geldermalsen. In opdracht van Waterschap Rijn en IJssel.
63. Schmidt, G. (2000). *Vispassage in het beheersgebied van Waterschap Regge en Dinkel. Typen, locaties en monitoring van de visoptrek*.
64. Schutte, F. (2009). *Vrij baan voor Sallandse vissen*. In: Visionair 3(11): 12-13.
65. Sportvisserij Nederland (2012). *Sportvisserij Nederland*. Opgehaald 3 februari 2011, van www.sportvisserij nederland.nl.
66. Ven, P. van der, M. van Heukelum & W.J.J. de Bruijne (2012). *Monitoring van 22 vismigratievoorzieningen voorjaar 2012*. Arcadis Nederland B.V. Apeldoorn. In opdracht van waterschap De Dommel, waterschap Aa en Maas, waterschap Brabantse Delta, Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden, Hoogheemraadschap Van Rijnland, waterschap Veluwe & Waternet.
67. Vis H. & I.L.Y. Spierts (2010). *Telemetrisch onderzoek naar de migratie van brasem in de Maas*. Visadvies, Nieuwegein.
68. Voorn, P. & F. Willems (2006). *Handleiding vispassages*. Waterschap De Dommel, Boxtel.
69. Vriese, F.T. (2011). *Briefrapport bekkenvistrappen Kaweise Loop*. ATKB, Geldermalsen.
70. Waterbouwkundig Laboratorium (2002). *Evaluatie van een De Wit - vispassage. Model 630 IBW.Wb.VR.2002.93*. Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap Departement Leefmilieu en Infrastructuur Administratie Waterwegen en Zeewezen.
71. Waterschap Rijn en IJssel (2010). *Richtlijn vispassages*, eindversie.
72. Williams, J.G., G. Armstrong, C. Katopodis, M. Larinier & F. Travade (2012). *Thinking like a fish: a key ingredient for development of effective fish passage facilities at river obstructions*. In: River Research and Applications, 28(4): 407-417.
73. Wit, W. de (2011). *Uitgangspunten voor ontwerp en realisatie van een De-Wit-vispassage*. Interne notitie Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden.
74. Wit, W. de (2011). *Effectief sluisen nemen. Nieuw type vispassage slaat aan*. In: Visionair 5(21): 19-21.
75. Wit, W. de (2012). *Persoonlijke mededeling*. De Wit Waterwerken.
76. Workshop over voorliggend document met Nederlandse vismigratie-experts in Amersfoort op 14 maart 2012.

Bijlage A

Verklarende woordenlijst

Achterloopsheid	Lekstroom achter een constructie om die bijvoorbeeld ontstaat door erosie bij overlaten van vispassages, waardoor een geul ontstaat tussen oever en overlaat en het water er langs gaat stromen.
Bentisch Debiet	Ingegraven in of op de bodem levend ⁽²⁰⁾ , bijvoorbeeld bermpje. Hoeveelheid water in volume per tijdseenheid (bijvoorbeeld m ³ /s) die door een vispassage gaat.
Drijfbalk	Houten balk die voorkomt dat drijfvuil in bijvoorbeeld een vispassage stroomt, kan eventueel aan de onderzijde worden voorzien van metalen pinnen om ook vuil onder het wateroppervlak op te vangen.
Energiedemping of energievernietiging	Vernietiging van het verschil in potentiaal energie tussen twee opeenvolgende bekkens of kamers. Dit verschil in energie (ΔW) wordt verdeeld over de inhoud van laagstgelegen bekken of kamer (m ³), deze energie wordt omgezet in een turbulente beweging van het water. Dit verschil in energie zou ook kunnen leiden tot een versnelling van de stroomsnelheid van het water, maar dat wordt voorkomen door de weerstand van de volgende drempel of wand van de kamer.
Gording	Plank of balk die dwars op een damwand wordt bevestigd en als zodanig de afzonderlijke planken van een damwand verbindt.
Knijpconstructie	Versmalling of vernauwing om bijvoorbeeld lokstroom te versterken.
Lokstroom	Afvoer van de vispassage die vissen naar de uitstroomopening moet lokken.
Migratielimietlijn	Denkbeeldige lijn die de begrenzing (stroomafwaarts) van de turbulente zone van een kunstwerk geeft; stroomopwaarts migrerende vis kan tot de migratielimietlijn zwemmen en zal dan op zoek gaan naar een doortrekroute; de ligging van de migratielimietlijn verschilt per soort en is afhankelijk van de afvoer; de migratielimietlijn kent door hoge stroming in het midden van de waterloop een zekere bolling en komt aan de oevers het dichtste bij het kunstwerk. ⁽⁴⁶⁾
Neer	Plaatselijk tegengestelde stroming aan de hoofdstroom die bijvoorbeeld benedenstrooms van overlaten in een bekkervispassage ontstaat.
Peilsprong Pelagisch	Verval over overlaat of tussen kamers van een vispassage. Levend in het open water of aan het oppervlak (in plaats van op de bodem) ⁽²⁰⁾ , zoals blankvoorn en alver.
Prefab	Een vispassage of onderdelen daarvan in een fabriek of werkplaats gemaakt in plaats van op locatie.

Rheotaxis	Neiging of het vermogen van vissen om hun bewegingsrichting af te stemmen op de stroming.
Rustkuilen	Diepere kuilen tussen twee delen van een helling-vispassage, waarin minder stroming is en migrerende vissen kunnen rusten.
Schietend water	Het ontstaan van een dunne laag snel stromend water, met negatieve gevolgen voor de vispasseerbaarheid.
Stoorstenen	Grotere stenen die de stroming breken en waarachter stromingsluwe plekken ontstaan die kleinere vissen en slechte zwemmers kunnen gebruiken om te rusten.
Stortebed	Bodembescherming die zich onder andere aan de stroomafwaartse zijde van stuwen bevindt om het optreden van erosie van de bodem als gevolg van stroming tegen te gaan; de bodembescherming bestaat vaak uit steen en/of beton.
Turbulente zone	Zone met sterke stroming direct benedenstrooms van het kunstwerk die begrensd wordt door de migratielimietlijn. ⁽⁷¹⁾
Turbulentie	Woeligheid van het water die ontstaat door het verschil in potentiaal energie van water tussen twee kamers of bekkens (zie energiedemping).
Verhanglijn	Het verhang is het relatieve hoogteverschil van het wateroppervlak of -bodem.
Vertical slot	Verticale sleuf van bodem tot bovenzijde van schot (kamer) of overlaat.
Woelbak	Met beton of steen beklede bak benedenstrooms een stuw of ander kunstwerk waarin de energie van het vallende water vernietigd wordt, zodat geen uitschuring of erosie plaatsvindt.

Bijlage B

Deelnemers workshop 'Ervaringen vispassages in Noord-Brabant'

Op 14 maart 2012 is in Amersfoort een eerste versie van enkele hoofdstukken uit deze handreiking besproken met deskundigen op het gebied van vispassages. In tabel B.1 staan de deelnemers aan de workshop. De uitkomsten uit deze workshop ⁽⁷⁶⁾ zijn gebruikt in deze handreiking.

Tabel B.1 | Deelnemerslijst workshop

Naam	Organisatie
Arntz, Jasper	Tauw
Besselink, Daan	DHV
Bouwmeester, Edwin	DHV
Bruijne, Wilco de	Arcadis
Gubbels, Rob	Waterschap Roer en Overmaas
Heuts, Peter	Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden
Kroes, Martin	Tauw
Kruitwagen, Guus	Witteveen+Bos
Loon, Lex van	Hydrion
Riemersma, Piet	Grontmij
Schmidt, Gertie	Waterschap Regge en Dinkel
Voorn, Peter	Natuurmonumenten
Vries, Iwan de	Waterschap Velt en Vecht
Vriese, Tim	ATKB
Wit, Wim de	De Wit Advies Waterwerken



Bijlage C

Monitoring en evaluatie van functioneren van bekkervispassages in Nederland en Vlaanderen

Bekkenvispassages (hoofdstuk 10) zijn het afgelopen decennia in Nederland en Vlaanderen veelvuldig gemonitord op hun functioneren. Hierbij is gekeken naar hydraulische kenmerken (o.a. gerealiseerde peilsprong en maximale stroomsnelheid over drempels) en/of werkelijke passeerbaarheid door het plaatsen van fuiken en netten en door merk-terugvang acties. In tabel C.1 wordt een samenvatting van monitoringsresultaten gepresenteerd in studies waarbij minimaal biologische monitoring plaatsgevonden heeft. In veel studies is gebleken dat het functioneren sterk werd bepaald door details zoals (achterstallig) beheer en/of gewijzigde peilinstellingen ten opzichte van ontwerppeilen.^(o.a. 47,38,33)

In studies waar zowel een hydraulische toetsing uitgevoerd is als de biologische werking van bekkervispassages onderzocht is, blijkt dat het werkelijke functioneren (het stroomopwaarts passeren van vissen) vaak positiever uitpakt dan op grond van de hydraulische analyse te verwachten is.^(28,41,48) Hieruit is af te leiden dat de ontwerpcriteria die de afgelopen jaren gehanteerd worden voldoende robuust zijn. De nuance die gemaakt moet worden is dat met name de passage van bodemvissen met lagere sprintsnelheden (rivierdonderpad, bermpje) wel sterk achterblijft in bekkervispassages die niet voldoen aan de ontwerpcriteria zoals ze in deze handreiking gehanteerd worden (o.a. te hoge peilsprongen per drempel, te korte bekkenlengte etc).⁽⁴⁰⁾

Tabel C.1 | Hydraulisch functioneren en biologische monitoring van bekkervispassages in Nederland en Vlaanderen. Hydraulisch functioneren is gebaseerd op ontwerpcriteria zoals beschreven in deze handreiking (zie hoofdstuk 10).

<i>Watergang en lokatie</i>	<i>Aanleg</i>	<i>Monitoring</i>	<i>Hydraulisch functioneren</i>	<i>Biologisch functioneren</i>	<i>Bron</i>
Regge: Archem ¹⁾	1983	2000	-	redelijk	(63)
Daelemansloop: Tenaard ²⁾	1995	2005	slecht	redelijk	(41)
Regge: Notter	1997	2000	-	redelijk	(63)
Laarse Beek ²⁾	1998	2003	redelijk	redelijk	(40)
Dinkelkanaal: Brecklenkamp ¹⁾	1999	2008	redelijk	redelijk	(48)
Beerze: Spoordonk ²⁾	1999	2005	slecht	redelijk	(28)
Het Meertje: Hollands-Duits gemaal ²⁾	1999 (2005)	2006	-	redelijk	(38)
Merkske: Castelré ²⁾	2002 (2004)	2009	-	goed	(49)

<i>Watergang en lokatie</i>	<i>Aanleg</i>	<i>Monitoring</i>	<i>Hydraulisch functioneren</i>	<i>Biologisch functioneren</i>	<i>Bron</i>
Strijbeekse Beek: Strijbeekseweg ²⁾	2002	2004	-	goed	(49)
Bovenmark: Bieberg - Breda ²⁾	2003	2005	-	goed	(46)
Dommel: Vughterstuw ²⁾	2003	2005	goed	goed	(28)
Keersop: Keersoppermolen ²⁾	2003	2005	redelijk	goed	(28)
Bijloop: Bijlooppark ²⁾	2005	2007	-	goed	(42)
Marienberg-Vechtka- naal: Marienberg ¹⁾	2005	2008	redelijk	goed	(48)
Aa of Weerij: Zaartpark ²⁾	2005	2006	-	goed	(5)
Oefeltseraam: 't Snepke ¹⁾	2007	2011	-	redelijk	(33)
Geester Stroomkanaal: Verdeelpunt ¹⁾	2008	2011	-	redelijk	(33)
Verbindingsleiding: Verdeelpunt ¹⁾	2008	2011	-	redelijk	(33)
Beeksche Waterloop: Genenberg ²⁾	2009	2011	-	goed	(33)
Larservaart: Larservaart- bos ¹⁾	2009	2011	-	redelijk	(33)
Kuiltocht: Wildwallen ¹⁾	2009	2011	-	slecht	(33)

1) Bekkenvispassage met harde overlaten (hout), 2) Bekkenvispassage met stortsteendrempels

