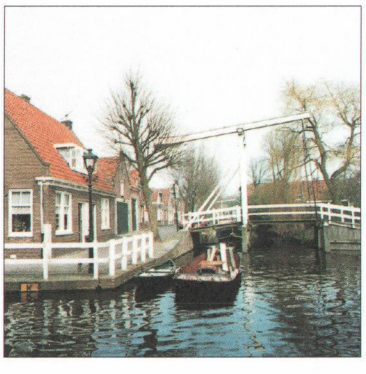
LLs
533-1

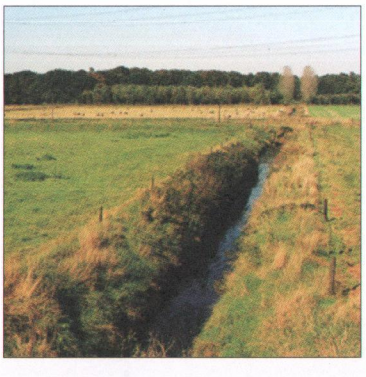
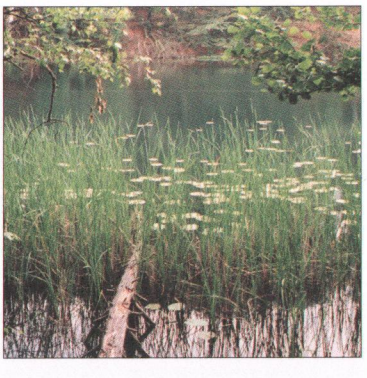
Witteveen+Bos

water
infrastructuur
milieu
bouw

Waterschap Zuiderzeeland

Quickscan van knelpunten voor vismigratie



Witteveen+Bos
van Twickelostraat 2
postbus 233
7400 AE Deventer
telefoon 0570 69 79 11
telefax 0570 69 73 44

Witteveen + Bos

water
infrastructuur
milieu
bouw

Waterschap Zuiderzeeland

Quickscan van knelpunten voor vismigratie

referentie	projectcode	status
LLS533-1/krub/002	LLS533-1	definitief
projectleider	**projectdirecteur**	**datum**
dr. G. Kruitwagen	drs. M. Klinge	17 augustus 2007

autorisatie	naam	paraaf
goedgekeurd	drs. M. Klinge	

Witteveen+Bos
van Twickelostraat 2
postbus 233
7400 AE Deventer
telefoon 0570 69 79 11
telefax 0570 69 73 44

Het kwaliteitsmanagementsysteem van Witteveen+Bos is gecertificeerd volgens ISO 9001 : 2000

© Witteveen+Bos
Niets uit dit bestek/drukwerk mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook zonder voorafgaande toestemming van Witteveen+Bos Raadgevende ingenieurs b.v., noch mag het zonder een dergelijke toestemming worden gebruikt voor enig ander werk dan waarvoor het is vervaardigd.

194674g

INHOUDSOPGAVE **blz.**

SAMENVATTING

1. INLEIDING **1**
1.1. Aanleiding en doel 1
1.2. Verkenning van migratieknelpunten 1
1.3. Leeswijzer 1

2. VISMIGRATIE **2**
2.1. Migratie bewegingen 2
2.2. Aandacht bij prioritering 2

3. AANPAK **4**
3.1. Verkenning van prioritaire peilvakken 4
3.1.1. Waterkwaliteit 4
3.1.2. Natuurfunctie 4
3.1.3. Potentieel leefgebied 4
3.1.4. Afstand tot buitenwater 5
1.1.5. Eindbeoordeling 5
1.2. Verkenning van prioritaire kunstwerken 6
1.3. Beoordeling van kunstwerken 6

4. RESULTATEN VAN DE PRIORITERING **7**
4.1. Identificatie van prioritaire peilvakken 7
4.2. Aanwijzing van prioritair op te heffen migratieknelpunten 8

5. BEOORDELING VAN KUNSTWERKEN **9**
5.1. Gemalen 9
5.1.1. Gemaalpompen 9
5.1.2. Inlaatwerken 11
5.1.3. Inzet van de gemaalpompen 11
5.2. Sluizen 11
5.3. Gecombineerde gemaal- en sluiscomplexen 12
5.4. Stuwen 14
5.5. Hevels 14

6. OPLOSSINGEN TEN BEHOEVE VAN VISMIGRATIE **16**
6.1. Prioritaire gemalen 16
6.1.1. Stroomopwaartse migratie 16
6.1.2. Stoomafwaartse migratie 17
6.2. Prioritaire stuwen 18
6.3. Prioritaire sluizen 18
6.4. Kostenindicatie 18

7. SLOTBESCHOUWING EN AANBEVELINGEN **20**
7.1. Slotbeschouwing 20
7.1.1. Gemalen 20
7.1.2. Stuwen 20
7.1.3. Sluizen 20
7.2. Aanbevelingen 20
7.2.1. Voorjaarsmigratie 20
7.2.2. Najaarsmigratie 21

7.2.3. Inzetbaarheid van hevelvispassages 22

8. REFERENTIES **23**

laatste bladzijde **23**

bijlagen		aantal bladzijden
I	Bouwstenen voor de eindkaart	4
II	Eindkaart	1
III	Herkomst van prioritaire status	1
IV	Kunstwerken op de overgang naar prioritair gebied	2
V	Beschikbare migratievoorzieningen	2

SAMENVATTING

aanleiding

In de Visie op Vis die Waterschap Zuiderzeeland in 2006 heeft vastgesteld heeft het waterschap geconcludeerd dat binnen haar beheersgebied de mogelijkheden voor de uitwisseling van vis tussen peilgebieden onderling en tussen het beheersgebied en het buitenwater verbeterd moeten worden. De aandacht is hierbij verschoven van interne migratie (migratie tussen peilvakken) naar externe migratie (migratie tussen beheersgebied en buitenwater). Witteveen+Bos heeft in opdracht van het Waterschap Zuiderzeeland een quickscan uitgevoerd die dient als nadere onderbouwing voor deze analyse uit de Visie op Vis. Met de uitvoering van deze quickscan komt het waterschap tegemoet aan de Decembernota 2006 waarin is gesteld dat alle waterbeheerders in 2007 een lijst met prioritair op te heffen vismigratieknelpunten opstellen.

onderzoeksbenadering

De quickscan had tot doel om antwoorden te formuleren op de volgende vragen:

- in hoeverre zijn de gemalen en schutsluizen een visonvriendelijke passage?
- is de verschuiving van prioriteit van interne versnippering naar verbinding met externe watersystemen terecht?
- wat zijn prioritair op te heffen vismigratieknelpunten?
- welke kosten zijn gemoeid met opheffen van deze knelpunten?

Ter beantwoording van deze onderzoeksvragen heeft Witteveen+Bos een analyse van het beheersgebied aan de hand van GIS-kaarten gemaakt. Hierbij is aan de hand van de criteria 'afstand tot buitenwater', 'waterkwaliteit', 'natuurfunctie' en 'oeverlengte' verkend welke peilvakken de hoogste waarde voor vis hebben en daarom met voorrang moeten worden ontsloten voor vissen die vanuit het buitenwater het beheersgebied in trekken. Vervolgens is bekeken welke kunstwerken passeerbaar moeten zijn om de prioritaire peilvakken bereikbaar te maken.

resultaten en conclusies

De resultaten van de uitgevoerde quickscan kunnen als volgt worden samengevat:

- de peilvakken die de toegangspoorten tot het beheersgebied van Waterschap Zuiderzeeland vormen de grootste kansen voor verbetering van de vismigratie bieden. Naast het criterium 'afstand tot buitenwater' scoren deze peilvakken ook hoog op de overige beoordelingscriteria 'waterkwaliteit', 'natuurfunctie' en 'oeverlengte'. Deze uitkomst biedt onderbouwing voor de verschuiving van aandacht voor interne migratie naar externe migratie die het waterschap in haar Visie op Vis gemaakt heeft;
- de hoogste prioriteit is toegekend aan het passeerbaar maken van de zeven hoofdgemalen en één enkele stuw (de klepstuw in de Oldenbroekertocht);
- alle hoofdgemalen zijn, met uitzondering van gemaal Smeenge, naar verwachting goed passeerbaar vanuit het beheersgebied naar de omliggende wateren. Onzekerheid hierbij is dat de passeerbaarheid van poldergemalen met deze omvang en opvoerhoogte nooit in de praktijk is onderzocht;
- in de huidige situatie is de intrek van vis vanuit het buitenwater via de gemaalpompen onmogelijk;
- de schutsluizen naast de gemalen zijn van beperkte waarde als migratieroute voor vissen. De sluizen worden op de voor vismigratie gunstige tijden (eerste uren na invallen schemering) niet of nauwelijks gebruikt. Bovendien is de ligging van de sluizen ten opzichte van de gemalen door de aanwezigheid van strekdammen veelal ongunstig;
- de kosten voor het passeerbaar maken van de migratieknelpunten lopen per migratievoorziening uiteen van EUR 20.000,-- tot EUR 300.000,--. Wanneer wordt uitgegaan van de aanleg van hevelvistrappen bij de zeven hoofdgemalen voor een bedrag van EUR 275.000,-- per stuk en de aanleg van een migratievoorziening voor EUR 50.000,-- bij de stuw in de Oldenbroekertocht, bedragen de totale kosten voor de opheffing van deze 8 migratieknelpunten

waaraan de hoogste prioriteit is toegekend EUR 1.975.000,--. Bij deze raming wordt er vanuit gegaan dat de hoofdgemalen niet passeerbaar zijn voor vis en dat de hevelvispassage een geschikte migratievoorziening voor toepassing bij de hoofdgemalen is. Mocht uit onderzoek blijken dat de pompen van de hoofdgemalen geen schade toebrengen aan stroomafwaarts migrerende vissen, dan kan worden volstaan met de aanleg van intrekvoorzieningen en zullen de totale kosten voor de aanpak van de 8 prioritaire migratieknelpunten lager uitvallen.

vervolgstappen

Tijdens de quickscan zijn een aantal kennislacunes en vervolgvragen opgekomen. Het wordt aanbevolen om voorafgaand aan besluitvorming met betrekking tot de aanleg van vismigratievoorzieningen onderzoek te verrichten ter beantwoording van deze vragen.

Ten aanzien van de stroomopwaartse migratie in het voorjaar concentreert het vervolg zich op de volgende vragen:

- wat is de omvang van het visbestand dat in het voorjaar bij de verschillende hoofdgemalen wil migreren?
- wat is de soort- en lengteverdeling van dit visbestand?
- is het bestaande inlaatwerk bij Colijn te benutten voor intrekmigratie?
- in hoeverre zijn de schutsluizen bij intrekmigratie te benutten?

Om antwoord te verkrijgen op deze vragen wordt geadviseerd om tijdens de voorjaarsmigratie kruisnetbemonsteringen te laten uit voeren voor de muur aan de buitenzijde van de gemalen Colijn, de Blocq van Kuffeler, Lovink, Vissering en Smeenge en in de schutkolken van de sluizen die naast deze gemalen zijn gelegen. Daarnaast wordt geadviseerd om te onderzoeken in hoeverre vis gebruik maakt van het inlaatwerk bij gemaal Colijn als intrekvoorziening.

Met betrekking tot de stroomafwaartse uittrekmigratie in het najaar leven de volgende vragen:

- wat is de omvang van het visbestand dat tijdens het najaar in de richting van de hoofdgemalen migreert?
- wat is de soort- en lengteverdeling van dit visbestand?
- welke mate van beschadiging en sterfte treedt op bij vissen die centrifugaal- en schroefpompen met een groot debiet en grote opvoerhoogte passeren?

Er wordt aanbevolen om tijdens de najaarsmigratie onderzoek te laten verrichten om antwoorden te krijgen op deze vragen. Dit onderzoek zou moeten bestaan uit fuikonderzoek aan het aanbod aan de polderzijde van de gemalen en onderzoek met vangstconstructies aan de buitenzijde van de gemalen. Dit onderzoek kan het best worden uitgevoerd bij de gemalen Smeenge en Colijn. De keuze voor deze gemalen komt voort uit het feit dat gemaal Smeenge het enige hoofdgemaal met schroefpompen is en gemaal Colijn het hoogste aantal draaiuren heeft en bovendien zowel de Hoge als de Lage Vaart bemaalt.

De hevelvistrap is een migratievoorziening die ontworpen is voor toepassing bij stuwen en die niet eerder bij gemalen is toegepast. Omdat de stromingsrichting in de passage bij toepassing bij een gemaal tegengesteld is aan de stromingsrichting in de gemaalpompen bestaat onzekerheid over het gebruik van de passagevoorziening door vis. Het verdient daarom aanbeveling om een proefproject bij een gemaal uit te voeren voordat wordt besloten om hevelvistrappen bij de hoofdgemalen te realiseren.

1. INLEIDING

1.1. Aanleiding en doel

Het waterbeheer in Nederland heeft geleid tot de aanleg van talrijke gemalen, stuwen en sluizen. Als gevolg van de aanleg van deze kunstwerken zijn de vele watergangen in hoge mate versnipperd. Voor vissen vormen de kunstwerken migratieknelpunten die de bewegingsvrijheid inperken. Wet- en regelgeving op nationaal en Europees niveau, waaronder de Europese Kaderrichtlijn Water (KRW) en het nationale aalherstelplan, streven naar verbetering van vismigratie.

In de Visie op Vis die Waterschap Zuiderzeeland in 2006 heeft vastgesteld heeft het waterschap geconcludeerd dat ook binnen haar beheersgebied de mogelijkheden voor de uitwisseling van vis tussen peilgebieden onderling en tussen het beheersgebied en het buitenwater verbeterd moeten worden. Hierbij is aangegeven dat bijzondere aandacht uit moet gaan naar de verbinding met het buitenwater in verband met de intrek van diadrome soorten, waaronder de paling.

Het Waterschap Zuiderzeeland heeft Witteveen+Bos opdracht gegeven om een quickscan van haar beheersgebied te maken en daarbij de knelpuntstatus van diverse waterbouwkundige kunstwerken te bepalen. Bij uitvoering van de opdracht zijn de volgende vragen richtinggevend geweest:

- in hoeverre zijn de gemalen en schutsluizen visonvriendelijke passages?
- wat zijn de prioritair op te heffen migratieknelpunten?
- welke kosten zijn gemoeid met het opheffen van deze migratieknelpunten?

1.2. Verkenning van migratieknelpunten

Om op een objectieve manier te bepalen welke kunstwerken binnen het beheersgebied met voorrang passeerbaar voor vissen gemaakt zouden moeten worden, is een verkenning van het beheersgebied aan de hand van GIS-bestanden gemaakt. Voor verschillende gebiedskenmerken zijn kaarten aangemaakt die vervolgens als bouwstenen voor een eindkaart hebben gefungeerd. Op deze eindkaart is zichtbaar welke peilvakken in theorie de grootste potenties voor vissen bieden en daarom als eerste voor vissen bereikbaar moeten worden gemaakt. Voor elk van deze prioritaire peilvakken is vervolgens bekeken welke kunstwerken vispasseerbaar moeten worden gemaakt om het prioritaire peilvak te ontsluiten.

De opbouw van eindkaarten uit verschillende bouwstenen biedt de mogelijkheid om de kaarten later te actualiseren naar aanleiding van ontwikkelingen in het projectgebied. De opzet van de methode is dan ook dat het eindproduct geen statisch geheel is, maar juist een levend eindproduct vormt dat zich de komende jaren zal blijven ontwikkelen. Immers, na de aanpak van de knelpunten met de hoogste prioriteit kunnen deze punten van de kaart verdwijnen, waardoor de hoogste prioriteit aan andere knelpunten kan worden toegekend.

1.3. Leeswijzer

In hoofdstuk 2 worden enige algemene achtergronden over vismigratie gegeven. Hoofdstuk 3 beschrijft de aanpak die gekozen is bij de uitvoering van de opdracht. De resultaten van de prioritering zijn beschreven in hoofdstuk 4, daarbij worden de prioritaire peilvakken aangewezen en wordt beschreven via welke kunstwerken deze peilvakken voor vissen ontsloten kunnen worden. In hoofdstuk 5 wordt een inschatting gemaakt van de passeerbaarheid van de bezochte kunstwerken. In hoofdstuk 6 worden de mogelijkheden voor ontsluiting van de prioritaire peilvakken besproken waarbij wordt ingegaan op de passende migratievoorzieningen. In hoofdstuk 7 worden de uitkomsten van de quickscan besproken. Tenslotte worden in hoofdstuk 8 de referenties van gebruikte literatuur gegeven.

2. VISMIGRATIE

2.1. Migratie bewegingen

Migratie door vissen kent vele verschijningsvormen. Vrijwel alle vissoorten kennen een zekere vorm van migratie, maar de afstand waarover migratie plaatsvindt en de sturende factoren achter de migratie lopen sterk uiteen tussen de verschillende soorten en tussen seizoenen en levensstadia.

De grootste bekendheid heeft de migratie van de diadrome vissen, soorten die voor voltooiing van hun levenscyclus zowel van zoet als van zout water afhankelijk zijn. Binnen deze categorie vissen bevinden zich soorten die voor de voortplanting zeewater nodig hebben (katadrome soorten; bijvoorbeeld aal), maar ook soorten die voor voortplanting afhankelijk zijn van zoet water (anadrome soorten; bijvoorbeeld zalm, driedoornige stekelbaars en spiering). Voor deze soorten is het dus van groot belang dat er open verbindingen tussen zee en het zoete water zijn. Ook onder de zoetwatervissen kunnen veel soorten over lange afstanden migreren wanneer ze niet door migratiebarrières gehinderd worden. Denk bijvoorbeeld aan blankvoorn uit het IJsselmeer die paait in het Vollenhovermeer. Deze migratie is het gevolg van dispersie van larven en de gewoonte van veel vissoorten om te willen paaien op de eigen geboortegronden.

Migratie over korte en lange afstanden bestaat voornamelijk uit paaimigratie, de migratie van en naar overwinteringsgebieden, verspreidingsmigratie en migratie tussen de habitats die voor opeenvolgende levensstadia van belang zijn. Naast migratie bewegingen, die voornamelijk verplaatsingen voor langere periodes betreffen, kennen vissen ook lokale verplaatsingen. Dit zijn dagelijkse bewegingen die vooral bestaan uit aanpassingen aan veranderingen in omgevingsfactoren, bedreigingen en voorkeuren voor stroomsnelheid, plantengroei, bodemsubstraat, temperatuur en voedselaanbod.

In Nederland migreren de meeste vissoorten in de periode van maart tot en met mei van overwinteringsgebieden stroomopwaarts (tabel 2.1.). Na de paaiperiode verplaatsen de vissen zich naar de zomer- of opgroeihabitat. In het najaar, van augustus tot november, trekken de vissen stroomafwaarts naar de overwinteringsgebieden terug. Het exacte tijdstip waarop de migratie plaatsvindt hangt samen met de vissoort en de watertemperatuur.

Tabel 2.1. Stroomopwaartse migratie van enkele vissoorten [lit. 2]

vissoort	migratietype	periode voor stroomopwaartse migratie
Atlantische zalm	anadroom	juni-november
Baars	lokaal/regionaal	maart-april
Bot	katadroom	mei-juli (jonge bot die in zee geboren is trekt zoet water binnen)
Brasem	lokaal/regionaal	april-juni
Blankvoorn	lokaal/regionaal	april-mei
Europese paling	katadroom	april-mei (in zee geboren glasaal trekt zoet water binnen)
3-doornige stekelbaars	anadroom	maart-april
Spiering	anadroom	februari-maart
Snoek	lokaal/regionaal	maart-april
Rivierprik	anadroom	september-april
Winde	lokaal/regionaal	februari-mei

2.2. Aandacht bij prioritering

Uit bovenstaande tekst mag duidelijk zijn dat de migratiebewegingen van vissen niet eenduidig zijn. Dit zorgt ervoor dat de migratiebewegingen en trekroutes van vissen lastig te voorspellen zijn. Voor alle vissoorten is het noodzakelijk dat alle habitats die nodig zijn om de levenscyclus te voltooien bereikbaar zijn voor de vis. Wanneer dit niet langer het geval is kan een soort lokaal nadelig worden beïnvloed (denk aan een ondiepe polder waar groei en conditie achterblijven) of zelfs bedreigd worden in het voortbestaan. De diadrome vissoorten die over lange afstand migreren lopen het grootste risico van verstoring van migratiepatronen door de aanwezigheid van kunstwerken. Een kwetsbaar voorbeeld

vormt de paling, die zijn levenscyclus vermoedelijk in de Sargasso zee in de Golf van Mexico begint en onder andere opgroeit in poldersloten.

Bij de migratie in de zoete binnenwateren laten vissen zich leiden door stromingen en stoffen in de waterlaag. Stroomopwaarts migrerende vissen reageren op een lokstroom. Als gevolg gaat een aanlokkende werking uit van kunstwerken, zoals boezem- en poldergemalen. Wanneer er in een water verschillende lokstromen aanwezig zijn zal er een competitie op basis van geur en debiet van de lokstromen bestaan. In het geval dat één water (dus met één geur) op meerdere plaatsen (stuwen of gemalen) een lokstroom genereert, dan mag verwacht worden dat de grootste lokstroom ook het grootste aantal stroomopwaarts migrerende vissen aantrekt. Stroomafwaarts migrerende vissen laten zich leiden door de stromingsrichting van het water. In een natuurlijk systeem brengt de hoofdstroom vissen altijd van kleinere naar grotere wateren, maar in het kunstmatig beheerde polderlandschap leiden de waterstromen veelal naar gemalen.

3. AANPAK

3.1. Verkenning van prioritaire peilvakken

Elk van de peilvakken binnen het beheersgebied van het waterschap is beoordeeld aan de hand van GIS-kaarten op basis van de volgende criteria:

- waterkwaliteit;
- natuurfunctie;
- oppervlak aan potentieel leefgebied;
- afstand tot het buitenwater.

Op basis van elk van deze criteria zijn punten aan de peilvakken toegekend. Uit de scores voor de verschillende criteria is vervolgens een gemiddelde score per peilvak berekend. Deze gemiddelde scores vormen de eindscores voor de peilvakken. Deze zijn gebruikt om een rangschikking aan te brengen in de peilvakken voor het aanwijzen van de prioritaire peilvakken binnen het beheersgebied.

3.1.1. Waterkwaliteit

Bij de beoordeling van de waterkwaliteit binnen het beheersgebied is gebruik gemaakt van de Ecologische Kwaliteitsratio's (EKR) voor macrofauna. De EKR bestaat uit een getal met een maximale waarde van 1 dat aangeeft in hoeverre de kwaliteit van de macrofauna in een waterlichaam volgens de maatlatten van de KRW overeenkomt met de referentie. De referentie heeft per definitie een EKR van 1. Een EKR van 0 betekent een zeer lage ecologische kwaliteit. Op nationaal niveau is een methodiek ontwikkeld waarmee de huidige ecologische kwaliteit op basis van meetresultaten kan worden uitgedrukt op de EKR-schaal. Voor de beoordeling van de waterkwaliteit van de peilvakken binnen het beheersgebied van Waterschap Zuiderzeeland zijn de EKR's via de RWSR-code (Regionale Watersysteem Rapportage) en de afwateringseenheden omgezet tot beoordeling op peilvakniveau.

De scores voor de waterlichamen binnen het waterschap liepen uiteen van 0,39 tot 0,54. Binnen de uitgevoerde analyse is dit bereik aan scores in vijf categorieën ingedeeld waarbij de volgende puntenverdeling is toegekend:

- EKR tussen 0,50 en 0,55: 5 punten;
- EKR tussen 0,45 en 0,50: 4 punten;
- EKR tussen 0,40 en 0,45: 3 punten;
- EKR tussen 0,35 en 0,40: 2 punten;
- EKR tussen 0,30 en 0,35: 1 punten.

3.1.2. Natuurfunctie

Voor elk van de peilvakken is bekeken of er binnen de grenzen van het peilvak gebieden liggen met één van de volgende bijzondere aanwijzingen:

- ecologische verbinding;
- zoekgebied robuuste ecologische verbinding;
- prioritair gebied binnen de ecologische hoofdstructuur (EHS);
- waardevol gebied binnen de EHS;
- overig gebied binnen de EHS.

De toekenning van punten voor het criterium natuurfunctie was als volgt:

- peilvakken met gebieden met bijzondere aanwijzing binnen de grenzen: 5 punten;
- peilvakken zonder gebieden met bijzondere aanwijzing binnen de grenzen: 0 punten.

3.1.3. Potentieel leefgebied

Als maat voor het oppervlak aan potentieel leefgebied voor vis zijn de oeverlengte van watergangen en de omtrek van de plassen genomen. Voor deze benadering is gekozen vanuit de vooronderstelling dat binnen watergangen en plassen de oevers de grootste waarde voor vis hebben. Aangezien de wateren binnen het beheersgebied van Waterschap Zuiderzeeland hoofdzakelijk lijnvormig zijn en het aantal plassen zeer gering is, is besloten af te zien van het wateroppervlak als criterium voor de bepaling van

de omvang van het potentiële leefgebied. Hierbij is geen rekening gehouden met de samenstelling van de oever.

Om tot de oeverlengte te komen is de totale lengte van de watergangen binnen elk peilvak verdubbeld. Bij de berekening is een correctie uitgevoerd voor watergangen die de grens van peilvakken overschrijden: hierbij is alleen de oeverlengte van het deel van de watergang dat binnen het betreffende peilvak valt meegenomen. Voor de peilvakken met grotere plassen binnen de peilvakgrenzen (ALM3, ALM5, ALM5a, LS9, LVA.01, LVA.22, LVA.23, O:3.01, OP7, OP4, Rd 2, Rd 3 en Z:3.04) is de lengte van de oevers ontleend aan de Top10-kaart. Deze oeverlengte is bij de lengte van de lijnvormige watergangen opgeteld om tot een totale oeverlengte voor deze peilvakken te komen.

De totale oeverlengte per peilvak liep uiteen van 20 m tot ruim 3.000 km. Omdat er slechts 10 peilvakken zijn waarvan de totale oeverlengte meer dan 100 km bedraagt en slechts 3 peilvakken een totale oeverlengte van meer dan 1.000 km hebben, is voor de volgende verdeling in categorieën en toekenning van punten gekozen:

- peilvakken met een oeverlengte van meer dan 1.000 km: 5 punten;
- peilvakken met 100 tot 1.000 km oeverlengte: 4 punten;
- peilvakken met 66 tot 100 km oeverlengte: 3 punten;
- peilvakken met 33 tot 66 km oeverlengte: 2 punten;
- peilvakken met minder dan 33 km oeverlengte: 1 punten.

Peilvakken zonder watergangen zijn bij de beoordeling buiten beschouwing gelaten.

3.1.4. Afstand tot buitenwater

De wet- en regelgeving die betrekking heeft op de migratie van vissen gaat primair uit van de migratie van diadrome soorten. Dit zijn de vissen die voor de voltooiing van hun levenscyclus afhankelijk zijn van migratie tussen zoet en zout water en daarom veelal over lange afstanden migreren. Deze soorten zijn daardoor het meest kwetsbaar voor verstoring van hun migratiepatroon door de aanwezigheid van barrières.

Om ook binnen de quickscan bijzondere aandacht aan de diadrome soorten te schenken is de afstand tussen het beoordeelde peilvak en het buitenwater als criterium opgenomen. Aan dit criterium is invulling gegeven door het aantal overgangen van het beoordeelde peilvak naar het buitenwater via de kortst mogelijke route te bepalen. In de rapportage wordt het oppervlaktewater buiten het beheersgebied van het waterschap (dus IJsselmeer, Ketelmeer, Markermeer, Veluwerandmeren en Kadoelermeer) als buitenwater beschouwd. Hierbij is de volgende verdeling gemaakt met bijbehorende puntenverdeling:

- 1 overgang, het peilvak grenst direct aan het buitenwater: 5 punten;
- 2 overgangen, tussen het peilvak en het buitenwater ligt één ander peilvak: 3 punten;
- ≥3 overgangen, tenminste twee peilvakken scheiden het peilvak van het buitenwater: 1 punt.

Bij de beoordeling van de kortste migratieroute zijn verbindingen met hevels buiten beschouwing gelaten. Hiervoor is gekozen omdat de inlaat bij de meeste hevels gebeurt met een stroomsnelheid die te hoog is om stroomopwaartse migratie via de hevelleidingen mogelijk te maken.

3.1.5. Eindbeoordeling

De eindscore per peilvak is bepaald uit het gemiddelde van de scores van het betreffende peilvak voor de vier 4 criteria. De behaalde scores liepen uiteen van 1 tot 4,5 punten. De peilvakken zijn op basis van de gemiddelde score ingedeeld in vijf categorieën. De gebieden met de hoogste eindscore zijn de gebieden waarvan het op basis van de uitgevoerde analyse wenselijk wordt geacht dat ze met voorrang voor migrerende vissen bereikbaar worden gemaakt vanaf het buitenwater.

Op basis van de eindscores zijn peilvakken ingedeeld in de volgende categorieën:

- eindscore tussen 3,8 en 4,5 punten: eerste prioriteit;
- eindscore tussen 3,1 en 3,8 punten: tweede prioriteit;
- eindscore tussen 2,4 en 3,1 punten: derde prioriteit;
- eindscore tussen 1,7 en 2,4 punten: vierde prioriteit;
- eindscore tussen 1,0 en 1,7 punten: vijfde prioriteit.

3.2. Verkenning van prioritaire kunstwerken

De peilvakken waaraan de eerste of tweede prioriteit is toegekend zijn nader in beschouwing genomen om te bekijken via welke kunstwerken de betreffende peilvakken ontsloten kunnen worden voor migrerende vissen. Hierbij is bekeken welke kunstwerken zich op de grens van de prioritaire peilvakken bevinden, en via welke van deze kunstwerken de kortste migratieroute naar het buitenwater gerealiseerd kan worden.

3.3. Beoordeling van kunstwerken

Om een inschatting te maken van de mate waarin de kunstwerken binnen het beheersgebied van waterschap Zuiderzeeland passeerbaar zijn, is op donderdag 31 mei een bezoek gebracht aan de volgende kunstwerken:

- hoofdgemaal de Blocq van Kuffeler en de Zuidersluis;
- hevel 't Bovenwater;
- hoofdgemaal Wortman en de Noordersluis;
- hoofdgemaal Colijn en de Ketelsluis;
- hoofdgemaal Smeenge en de Voortsersluis;
- ondergemaal de Fuut;
- hoofdgemaal Vissering en de Urkersluis.

Voor de beoordeling van de geschiktheid van de schutsluizen als migratievoorziening is gekeken naar de inzet van de schutsluizen door het jaar heen en de ligging van de sluizen ten opzichte van de hoofdgemalen. Er zijn geen gegevens beschikbaar van de verdeling van de uitgevoerde schuttingen over de uren die binnen de bedieningstijden vallen.

4. RESULTATEN VAN DE PRIORITERING

4.1. Identificatie van prioritaire peilvakken

De kaarten voor de criteria die als bouwstenen voor de eindkaart zijn gebruikt, zijn als afzonderlijke kaarten opgenomen in bijlage I. De eindkaart met prioritair te ontsluiten peilvakken is opgenomen in bijlage II. Hierin zijn de prioritair op te heffen migratieknelpunten met nummers gemarkeerd. Op de tweede kaart in bijlage II zijn de peilvak aanduidingen weergegeven.

In bijlage III is een kaart opgenomen waarop het aandeel van de verschillende beoordelingscriteria aan de eindscore grafisch is weergegeven door middel van taartdiagrammen. In tabel 4.1. zijn de scores per criterium en de totaalscores per peilvak met eerste of tweede prioriteit opgenomen.

Tabel 4.1. Aandeel per beoordelingscriterium aan de eindscore per prioritair peilvak. Aan de vetgedrukte peilvakken is de eerste prioriteit toegekend, aan de overige de tweede

peilvakaanduiding	waterkwaliteit	natuurfunctie	oeverlengte	afstand tot buitenwater	eindscore
LVA.01 (Hoge Vaart)	3	5	5	5	4,5
Lage afdeling	3	5	5	5	4,5
O:3.01 (Lage Vaart)	3	5	5	5	4,5
Hoge afdeling	3	5	4	5	4,25
O:1.19	5	5	4	3	4,25
O:1.05	4	5	3	3	3,75
O:1.09	4	5	3	3	3,75
O:1.14	5	5	2	3	3,75
O:1.22	5	5	2	3	3,75
ALM 6	3	5	3	3	3,5
Blokzijlertocht	3	5	3	3	3,5
O:1.10	5	5	1	3	3,5
O:2.05	3	5	3	3	3,5
O:3.08	3	5	1	5	3,5
O:3.09	3	5	1	5	3,5
O:3.10	3	5	1	5	3,5
OP 7	2	5	4	3	3,5
Rd 10	5	5	1	3	3,5
Rd 15	5	5	1	3	3,5
Schokland H	3	5	3	3	3,5
Schotertocht 1	3	5	3	3	3,5
ALM 3	3	5	4	1	3,25
Kraggenburgertocht	3	5	2	3	3,25
LVA.13	2	5	3	3	3,25
O:1.01	4	5	3	1	3,25
O:1.04	4	5	1	3	3,25
O:1.06a	4	5	1	3	3,25
O:1.07	5	5	2	1	3,25
O:1.17	5	5	2	1	3,25
O:2.07	3	5	2	3	3,25
Piet Oberman	3	5	2	3	3,25
Rd 6	5	5	2	1	3,25
Rv 1	4	5	1	3	3,25
Rv 4	4	5	1	3	3,25
Rv 6	4	5	1	3	3,25
Schoterpad-d-tocht	3	5	2	3	3,25

4.2. Aanwijzing van prioritair op te heffen migratieknelpunten

Voor de peilvakken waaraan de eerste of tweede prioriteit is toegekend, is bekeken via welke watergangen de afwatering verloopt en welke kunstwerken in deze watergangen staan. In bijlage IV is een overzicht opgenomen van de kunstwerken die passeerbaar moeten zijn om de prioritaire peilvakken voor vissen bereikbaar te maken vanaf het buiten water.

Voor vrijwel alle peilvakken kan de verbinding met het buitenwater of het eerstvolgende stroomafwaarts gelegen peilvak met prioriteit worden gerealiseerd door de aanpak van een enkel kunstwerk. Om de peilvakken O:1.01, O:1.05, O:1.17 en OP7 voor vis te ontsluiten is het nodig dat niet alleen de kunstwerken op de grens van deze peilvakken passeerbaar worden gemaakt, maar moeten ook andere kunstwerken in de afvoerende watergang passeerbaar moeten worden gemaakt. In het overzicht zijn ook deze kunstwerken opgenomen.

Voor de prioritaire peilvakken O:3.08, O:3.09, O:3.10, RV1, RV4 en RV6 is niet bekend hoe de afwatering verloopt; in de gebruikte basisgegevens zijn voor deze peilvakken geen kunstwerken vermeld. Als gevolg hiervan zijn er geen prioritaire kunstwerken voor deze peilvakken aangewezen.

Voor de Hoge Vaart, de Lage Vaart en de Lage Afdeling bestaan verschillende ontsluitingsroutes dankzij de aanwezigheid van meerdere kunstwerken op de overgang van deze peilvakken en het buitenwater. In deze gevallen zijn alle kunstwerken op de overgang tussen peilvak en buitenwater in bijlage IV opgenomen.

Aan elk van de kunstwerken die in bijlage IV genoemd worden is een nummer toegekend dat op de eindkaart in bijlage II is gebruikt om de locatie van het kunstwerk te markeren. De gekozen nummering is willekeurig. Alle weergegeven peilen betreffen zomerpeilen aangezien de peilverschillen bij kunstwerken het hoogst zijn in de zomer.

5. BEOORDELING VAN KUNSTWERKEN

5.1. Gemalen

5.1.1. Gemaalpompen

Het ontwerp van gemalen is primair gericht op efficiënte afvoer van water. In verband met grote variatie aan opvoerhoogte en benodigde afvoercapaciteit zijn verschillende pomptypes ontworpen. De meest gangbare pompen betreffen schroef-, vijzel- en centrifugaalpompen. Een vergelijking op basis van beschikbare literatuur (tabel 5.1.) van de mate waarin verschillende typen gemaalpompen schade toebrengen aan vissen die de gemaalpompen passeren resulteert in de volgende beoordeling:

- schroefpompen zijn het meest desastreus voor vissen. Dit is het gevolg van de hoge toerentallen, grote drukverschillen en scherpe propellers;
- conventionele vijzelpompen veroorzaken relatief veel schade;
- centrifugaalpompen veroorzaken relatief de minste schade. Wel hangt de schade samen met de dimensies van de pomp: hele grote, langzaam draaiende centrifugaalpompen veroorzaken nauwelijks schade, terwijl kleine pompen een aanzienlijke schade kunnen geven. Dit fenomeen (hoe groter de pomp, des te kleiner de schade) zal in meer of mindere mate ook gelden voor schroefpompen en vijzelpompen.

Tabel 5.1. Vergelijking van het debiet, toerental, beschadigingpercentage en sterftepercentage van verschillende gemalen. * Veel vissen onherkenbaar geworden. ** Mogelijk enigszins onderschat omdat alleen zeer ernstige beschadigingen zijn meegeteld

pomptype	referentie	capaciteit (m^3/min)	toerental (rpm)	beschadigingpercentage		sterftepercentage	
				schubvis	aal	schubvis	aal
vijzelpomp	[lit. 3]	35	37	25,4	36,5	19,6	0
vijzelpomp	[lit. 4]	30	39	10-20	10	10-44	4
schroefpomp	[lit. 4]	60	500	100*	100*	100*	100*
centrifugaalpomp	[lit. 4]	60	?	33-68	1	12-16	0
schroefpomp	[lit. 5]	37,5	735	100	100	100 (>10 cm)	100
centrifugaalpomp	[lit. 6]	1080	59	±1**	0	<1	0

Onder de zeven poldergemalen die de Noordoostpolder, Oostelijk en Zuidelijk Flevoland bemalen bevinden zich zes gemalen die zijn voorzien van verticale centrifugaalpompen en één gemaal dat gebruik maakt van schroefpompen (tabel 5.2.).

Tabel 5.2. Kenmerken van de hoofdgemalen van de Flevo- en Noordoostpolders.

gemaalaanduiding	pomptype	capaciteit (m^3/min)	toerental (rpm)	opvoerhoogte (m)
de Blocq van Kuffeler				
hoge afdeling	centrifugaal	2 x 850	85	5
lage afdeling	centrifugaal	2 x 700	85	6
Wortman	centrifugaal	4 x 500	110	6
Colijn	centrifugaal	3 x 580	110	5
Lovink	centrifugaal	2 x 580	110	5
Vissering	centrifugaal	2 x 570	90	5,60
	centrifugaal	1 x 720	120	
Buma	centrifugaal	3 x 570	88	5,60
Smeenge	schroef met leischoepen	2 x 600	133	4,50

Afbeelding 5.1. Waaier-type dat in de gemaalpompen van de Blocq van Kuffeler wordt gebruikt

centrifugaalpompen

De zes gemalen met centrifugaalpompen binnen het beheersgebied van Waterschap Zuiderzeeland zijn allemaal voorzien van pompen met een capaciteit tussen de 500 en 850 m^3 per minuut en een toerental tussen de 85 en 120 rotaties per minuut. Op basis van de gegevens in de tabellen 5.1. en 5.2. kan verwacht worden dat de centrifugaalpompen relatief goed stroomafwaarts passeerbaar zijn voor vissen. De waaiers van de pompen in de diverse gemalen zijn sterk gelijkend (afbeelding 5.1.). De gemalen Vissering en Buma zijn echter voorzien van pompen met een verbeterd afvoerrendement. Voor vissen is dit type waaiers minder gunstig.

Uit onderzoek bij gemaal Katwijk [lit. 6] is echter gebleken dat vissen die een grote centrifugaalpomp passeren niet alleen lijden onder fysiek contact met de waaierbladen, maar ook last hebben van drukverschillen binnen het pomphuis. In Katwijk bleken alle vissen die stroomafwaarts van het gemaal gevangen werden sterk versuft door de passage. Pas na enige tijd, een half tot één uur, waren de vissen weer fit genoeg om te zwemmen. De verwachting is dat de drukverschillen bij de gemalen in Flevoland een grotere rol spelen aangezien de opvoerhoogte in Flevoland 5 tot 6 meter bedraagt, terwijl de opvoerhoogte bij gemaal Katwijk maximaal 2 meter bedraagt (tijdens bemaling bij hoog tij). Door het hogere drukverschil dat verwacht wordt, kan mogelijk vissterfte optreden door interne schade en sterfte door de druk. Ook is indirecte schade door bijvoorbeeld predatie door roofvissen of visetende vogels tijdens een periode van tijdelijke versuffing als gevolg van het drukverschil zeker niet uitgesloten.

Voor zover bekend is niet eerder onderzoek gedaan aan centrifugaalpompen met de capaciteit en de opvoerhoogte die kenmerkend is voor de gemalen in Flevoland. Het is daardoor niet bekend hoe groot de optredende schade aan vissen daadwerkelijk is. Om zekerheid te krijgen over de noodzaak voor uittrekvoorzieningen is het daarom te adviseren om de vispassage tijdens de stroomafwaarts gerichte migratie in het najaar te onderzoeken.

schroefpomp

Gemaal Smeenge is het enige grote gemaal binnen Flevoland dat voorzien is van schroefpompen. Tabel 5.1. laat zien dat dit type pomp over het algemeen het minst visveilig blijkt te zijn. De pompen van gemaal Smeenge zijn voorzien van leischoepen die ervoor zorgen dat de aanstroming van water naar de schroeven zo gunstig mogelijk is. Voor vissen betekent dit echter dat zij in een zo ongunstig mogelijke positie worden gebracht en de kans op schade groter is door de aanwezigheid van de leischoepen. De pompen van gemaal Smeenge zijn beduidend groter dan de pompen van de gemalen die in de tabel zijn opgenomen. Als gevolg daarvan is juist een lagere sterfte te verwachten. Net als bij de gemalen met centrifugaalpompen kent ook gemaal Smeenge een hoge opvoerhoogte waardoor mogelijk drukschade optreedt bij passerende vissen. Even als bij de centrifugaalpompen is de mate waarin vissen in schroefpompen met de genoemde capaciteit en opvoerhoogte beschadigd raken niet bekend. Wel is de

verwachting dat het beschadigings- en sterftepercentage hoger ligt dan bij de poldergemalen met centrifugaalpompen.

Tijdens het veldbezoek zijn ook de ondergemalen De Fuut en De Rietgors bezocht. De schroefpompen van deze gemalen hebben een capaciteit van respectievelijk 2 x 20 en 2 x 78 m^3/min. Op basis van tabel 5.1. kan een aanzienlijk beschadigings- en sterftepercentage voor vissen bij deze gemalen verwacht worden.

5.1.2. Inlaatwerken

De gemaalpompen maken intrek van vis vanuit het buitenwater via de pompen onmogelijk. De enige mogelijkheden voor intrek bij de gemalen bestaan wanneer deze voorzien zijn van een inlaatwerk. In Waterschap Zuiderzeeland is dit alleen het geval bij gemaal Colijn. Dit gemaal kent twee inlaatleidingen waarmee onder vrij verval water vanaf het Ketelmeer kan worden ingelaten naar de Hoge Vaart. Het inlaatwerk is normaliter gesloten, waardoor geen vispassage mogelijk is.

5.1.3. Inzet van de gemaalpompen

Naast de eigenschappen van de pompen en de aanwezigheid van inlaatvoorzieningen, is ook het moment waarop de pompen ingezet worden een belangrijke factor die van invloed is op de passeerbaarheid. Tijdens het bezoek aan de verschillende gemalen is gebleken dat de inzet van de gemalen sterk uiteenloopt. Stroomafwaartse migratie van vissen vindt voornamelijk plaats in de eerste uren na het invallen van de schemering gedurende de maanden oktober en november, terwijl stroomopwaartse migratie voornamelijk tijdens de voorjaarsmigratie tussen half maart en half mei plaatsvindt.

De gemalen Colijn, de Blocq van Kuffeler en Lovink bemalen de Hoge Vaart van de Flevopolder. Van deze drie gemalen vormt gemaal Lovink het hoofdgemaal voor de Hoge Vaart. De pompen van de gemalen Colijn en de Blocq van Kuffeler zijn zelden actief. Tijdens de belangrijkste migratieperiodes is op de Hoge Vaart dus alleen gemaal Lovink in bedrijf.

De Lage Vaart van de Flevopolder wordt eveneens bemalen door de gemalen Colijn en de Blocq van Kuffeler en daarnaast door gemaal Wortman. Gemaal Colijn vormt het hoofdgemaal voor de Lage Vaart en is iedere nacht in bedrijf. Gemaal Wortman is slechts weinig is gebruik. Gemaal de Blocq van Kuffeler heeft in 2006 slechts 200 draaiuren per pomp gemaakt, voornamelijk voor de afvoer van een bel afvalwater van de nabijgelegen waterzuivering. Op de Lage Vaart is voornamelijk gemaal Colijn in bedrijf tijdens de belangrijkste migratieperiodes.

De Hoge Afdeling van de Noordoostpolder wordt bemalen door gemaal Smeenge. Dit gemaal draaide in 2006 250 tot 300 uur, voornamelijk tijdens perioden met veel neerslag. Tijdens de najaarsperiode vallen de voornaamste neerslag- en migratieperiodes samen en is gemaal Smeenge dus actief tijdens de migratie.

De gemalen Vissering en Buma bemalen de Lage Afdeling van de Noordoostpolder. De drie pompen van gemaal Vissering hebben in 2006 respectievelijk 3000, 100 en 500 draaiuren gemaakt. De drie pompen van gemaal Buma hebben in hetzelfde jaar respectievelijk 2600, 1300 en 240 uur gedraaid. Doordat de inzet van de gemalen Vissering en Buma vrijwel gelijk is, zijn de beide gemalen waarschijnlijk in gelijke mate in bedrijf tijdens de vismigratieperiodes.

5.2. Sluizen

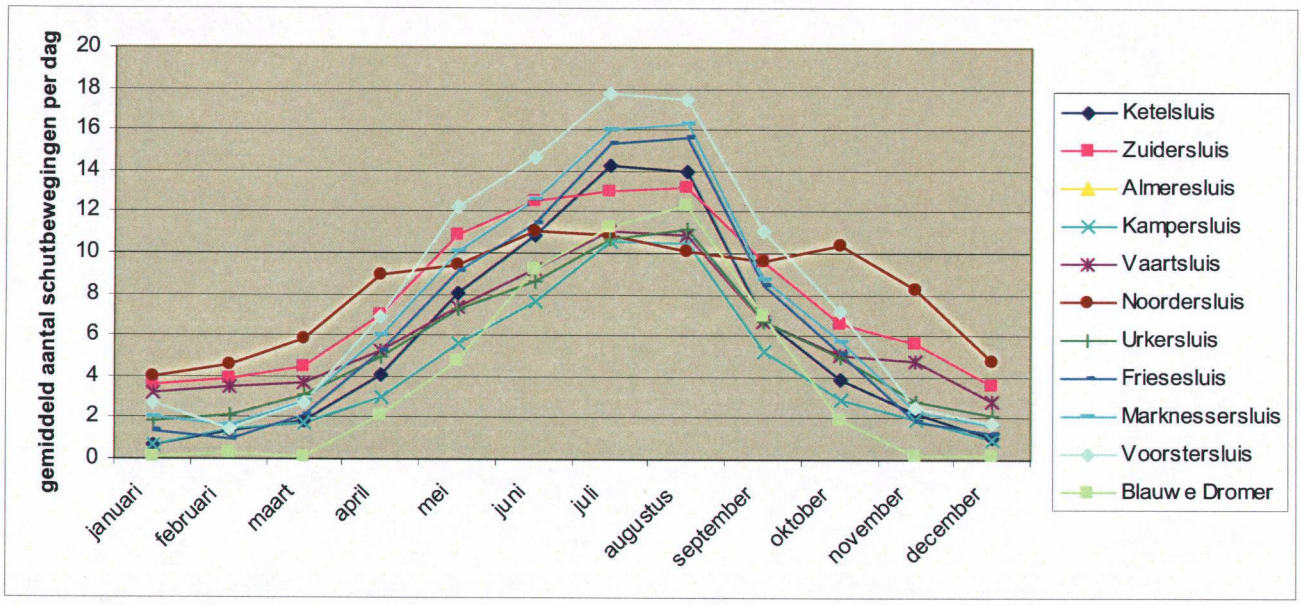
De schutsluizen die tijdens het veldbezoek van 31 mei bezocht zijn, lijken in principe goed passeerbaar te zijn voor vis. De knelpuntstatus van deze kunstwerken hangt echter samen met het schutbeheer. De bedieningstijden van de diverse schutsluizen zijn opgenomen in tabel 5.3. Maandgemiddelden van het aantal schutbewegingen per dag zijn voor de periode 1990-2006 weergegeven in afbeelding 5.2. Het verloop in het gemiddeld aantal schutbewegingen laat zien dat het grootste aantal schuttingen tussen april en oktober plaatsvindt. De schuttingen vinden voornamelijk plaats tussen zonsopgang en zonson-

dergang ten behoeve van de recreatievaart. De migratie van vissen vindt voornamelijk plaats tijdens de eerste uren na het invallen van de schemering in de perioden maart-mei (stroomopwaartse migratie) en oktober-november (stroomafwaartse migratie). Hieruit blijkt dat er, zowel in de maanden als in de uren van de dag, weinig overlap is tussen de momenten waarop schuttingen plaatsvinden en de belangrijkste tijdstippen voor vismigratie. Naar verwachting zijn de schutsluizen daarom van beperkte waarde als migratieroute voor vissen.

Tabel 5.3. Bedieningstijden van de sluizen in Flevoland in de zomerperiode (1 april tot 31 oktober; bron: Provincie Flevoland)

sluisaanduiding	bedieningstijden
Blauwe Dromer	07.00-19.00u
Noorder-, Zuider- en Vaartsluizen	06.00-22.00u
Urker-, Marknesser-, Voorster-, Ketel-, Kampersluizen en Friese sluis	07.30-19.00u
Larsersluis	zonsopgang tot zonsondergang

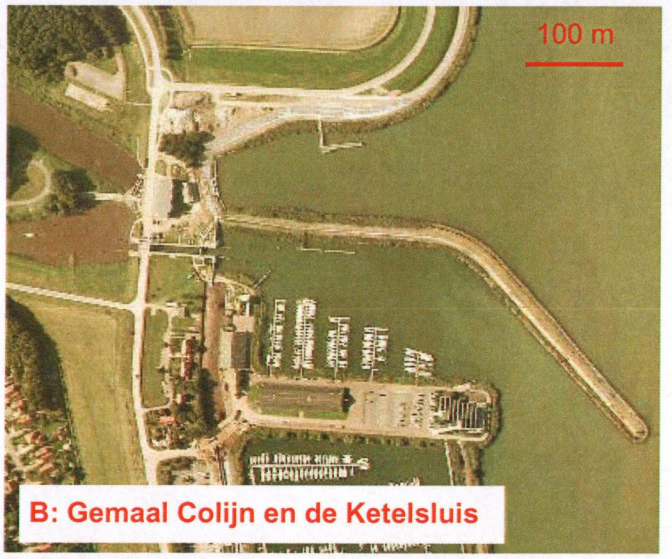
Afbeelding 5.2. Maandgemiddelden van het aantal schutbewegingen per dag van de schutsluizen binnen Zuiderzeeland over de periode 1990-2006

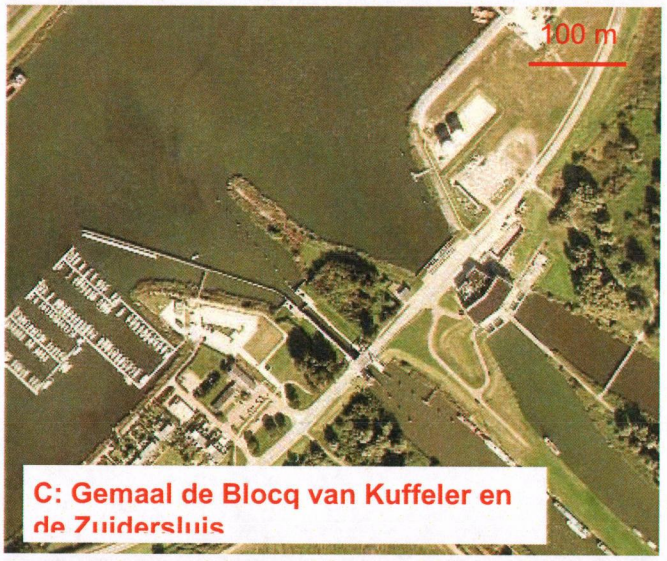


5.3. Gecombineerde gemaal- en sluiscomplexen

Bij alle poldergemalen binnen Zuiderzeeland bevindt zich eveneens een scheepvaartsluis. Aangezien de poldergemalen niet stroomopwaarts (van buitenwater naar polder) passeerbaar zijn voor vissen, maar de schutsluizen dat in principe wel zijn, kunnen gecombineerde gemaal- en sluiscomplexen toch mogelijkheden voor stroomopwaartse migratie bieden. Stroomopwaarts migrerende vissen zwemmen primair op lokstromen af (zie paragraaf 2.2.). Bij gecombineerde gemaal- en sluiscomplexen is de lokstroom van het gemaal veel groter dan de lokstroom van de sluis. Onderzoek bij gemaal De Helsdeur te Den Helder heeft uitgewezen dat vissen bij dit gecombineerde gemaal- en sluiscomplex vooral optrekken in de richting van het gemaal [lit. 7]. Wanneer vissen geen intrekmogelijkheid aantreffen bij een gemaal blijven ze voor het gemaal zoeken naar alternatieve ingangen. Of daarbij de sluis wordt gevonden hangt samen met de lengte van de strekdam tussen gemaal en sluis.

Afbeelding 5.3. Bovenaanzicht van de gemaal- en sluiscomplexen in Flevoland (bron: Google Earth / Aerodata International Surveys)





Afbeelding 5.3. Bovenaanzicht van de gemaal- en sluiscomplexen in Flevoland (vervolg)

In de afbeeldingen 5.3. A tot en met G zijn bovenaanzichten van de gemaal- en sluiscomplexen op de verbinding met het buitenwater weergegeven. Uit de afbeeldingen blijkt dat de lengte van de strekdammen tussen de gemalen en schutsluizen als volgt zijn: 70 m bij gemaal Buma, 480 m bij gemaal Colijn, 200 m bij gemaal de Blocq van Kuffeler, 290 m bij gemaal Lovink, 50 m bij gemaal Smeenge, 265 m bij gemaal Vissering en 100 m bij gemaal Wortman.

De strekdam die bij gemaal De Helsdeur bleek te verhinderen dat vissen de migratieroute via de sluis namen, heeft een lengte van 250 meter. Op basis van deze bevindingen kan verwacht worden dat ook de strekdammen bij de gemalen Colijn, Lovink en Vissering verhinderen dat vissen die op de lokstroom van het gemaal zijn afgekomen uiteindelijk via de naastgelegen schutsluis intrekken. Mogelijk vormen de kortere strekdammen, zoals bij de gemalen Smeenge en Buma, minder grote barrières en vindt hier wel intrek plaats via het complex van gemaal en schutsluis. Dit is echter niet bekend. Middels onderzoek kan dit vastgesteld worden.

5.4. Stuwen

De stuwen binnen het beheersgebied van Waterschap Zuiderzeeland betreffen klepstuwen, vaste stuwen en schotbalkstuwen (afbeelding 5.4.). Voor deze typen stuwen geldt dat ze stroomafwaarts passeerbaar zijn voor vissen zolang er water over de stuw heen valt. Bij een drempelhoogte tot maximaal 10 centimeter kan ervan uit worden gegaan dat de stuw ook stroomopwaarts voor alle vissoorten passeerbaar is. Om die reden wordt ook bij de aanleg van bekkentrappen of daaraan gerelateerde passagetypen uitgegaan van een drempelhoogte van circa 10 centimeter. Bij drempelhoogtes groter dan 10 centimeter zijn migratievoorzieningen nodig om passagemogelijkheden voor alle vissoorten te kunnen garanderen. Uit de tabellen in bijlage IV blijkt dat op basis van de opgegeven zomer streefpeilen alleen de schotbalkstuwen in de Keteltocht een hoogteverschil kennen dat dicht bij 10 centimeter gelegen is. Bij alle overige stuwen is het peilverschil beduidend groter waardoor de stuwen knelpunten voor stroomopwaartse vismigratie vormen.

5.5. Hevels

Tijdens het veldbezoek is de hevel 't Bovenwater bekeken. Deze hevel brengt water uit het Markermeer naar het Bovenwater en bestaat uit een leiding met een diameter van ongeveer 60 centimeter die de top van het dijklichaam passeert. Stroomafwaarts (van het Markermeer naar de polder) lijkt de hevel goed passeerbaar. Doordat het water uit de hevel eerst over een betonnen plateau stroomt voordat het open water van de plas wordt bereikt bestaat echter het gevaar op predatie. Als gevolg van de hoge stroomsnelheid in de hevelleiding is migratie in de richting van het Markermeer niet mogelijk.

Afbeelding 5.4. Voorbeelden van verschillende typen stuwen in het beheersgebied. Van links naar rechts: klepstuw, vaste stuw en schotbalkstuw

6. OPLOSSINGEN TEN BEHOEVE VAN VISMIGRATIE

6.1. Prioritaire gemalen

Onder de vijf peilvakken waaraan de eerste prioriteit is toegekend bevinden zich de vier grootste peilvakken van het beheersgebied van Waterschap Zuiderzeeland: de Hoge en de Lage Vaart in de Flevopolder en de Hoge en de Lage Afdeling in de Noordoostpolder. De Hoge Vaart, Lage Vaart en de Lage Afdeling worden elk door meerdere gemalen bemalen. Strikt genomen volstaat de aanpak van één hoofdgemaal voor het ontsluiten van deze peilvakken in combinatie met verjaging bij de andere gemalen. Ten behoeve van vrije vismigratie en de grote afstand tussen de gemalen onderling geniet het echter de voorkeur om meerdere gemalen passeerbaar te maken.

De informatie die beschikbaar is voor het ondergemaal Piet Oberman is te beperkt om te kunnen bekijken welke oplossingen voor dit gemaal geschikt zijn.

6.1.1. Stroomopwaartse migratie

Flevopolder

Op basis van het aantal draaiuren kan verwacht worden dat in de Flevopolder de grootste lokstroomwerking uit gaat van de gemalen Colijn en Lovink. In theorie zullen stroomopwaarts migrerende vissen tijdens de voorjaarsmigratie daarom met name optrekken naar deze gemalen. Of dit ook daadwerkelijk gebeurd is niet bekend doordat de optrek nooit is onderzocht. De kans is groot dat de praktijk niet geheel overeenkomt met de theorie doordat de gemalen van de Flevopolder uitmalen op verschillende wateren: de gemalen de Blocq van Kuffeler en Wortman malen uit op het Markermeer, gemaal Colijn op het Ketelmeer en gemaal Lovink op het Veluwemeer. Van deze meren staat alleen het Ketelmeer in open verbinding met het IJsselmeer. Het Markermeer is via de Houtrib- en Krabbersgatsluizen verbonden met het IJsselmeer en via de Oranjesluizen met het Noordzeekanaal. Het Veluwemeer is via de Roggebotsluizen met het Ketelmeer en via de Nijkerkersluizen met het Markermeer verbonden. Op de migratieroute van zee naar de gemaal Colijn bevindt zich slechts één andere migratiebarrière, namelijk de Afsluitdijk. Op de verbinding van zee naar de andere drie gemalen bevinden zich tenminste twee migratiebarrières. Gemaal Colijn lijkt daardoor de meest gunstige intreklocatie voor de Flevopolder te zijn.

Noordoostpolder

In de Noordoostpolder malen de gemalen Buma en Vissering rechtstreeks uit op het IJsselmeer. Aangezien de maximale capaciteit en het aantal draaiuren van de beide gemalen dicht bij elkaar gelegen zijn, zal ook de lokstroomwerking van de beide gemalen elkaar weinig ontlopen. Er kan daarom verwacht worden dat de hoeveelheden vis die optrekken naar deze gemalen vergelijkbaar is. Van gemaal Vissering is bekend dat er zich grote hoeveelheden vis in het voorjaar voor het gemaal verzamelen, maar dit aanbod is nooit gekwantificeerd. Het derde hoofdgemaal van de Noordoostpolder, gemaal Smeenge, maalt uit op het Kadoelermeer. Dit water is via de Kadoelerkeersluis, het Zwarte Meer en de balgstuw bij Ramspol verbonden met het Ketelmeer. Doordat de Kadoelerkeersluis alleen bij hoge waterstanden gesloten is, vormt de Afsluitdijk bij lage waterstanden de enige migratiebarrière tussen elk van de drie poldergemalen en de zee. Door de meer geïsoleerde ligging van gemaal Smeenge lijken de gemalen Buma en Vissering de meest gunstige intreklocaties voor de Noordoostpolder.

aanwezige voorzieningen

Door de aanwezigheid van een inlaatwerk en de Ketelsluis, bestaan er bij gemaal Colijn mogelijkheden om de intrek van vis naar de Hoge Vaart te verbeteren zonder dat technische voorzieningen gebouwd hoeven te worden. De situatie bij het gemaal leent zich ervoor om gebruik te maken van de lokstroom van de pompen van de Lage Vaart om vis aan te trekken en deze vervolgens via het inlaatwerk binnen te laten op de Hoge Vaart. Voor de Lage Vaart zijn er bij gemaal Colijn geen directe inlaatmogelijkheden.

Bij de overige gemalen zijn geen inlaatwerken aanwezig en vormen de naastgelegen schutsluizen de enige aanwezige inlaatvoorziening. De intrekvoorzieningen via de schutsluizen kunnen worden verbeterd door aanpassing van het schutbeheer waardoor in de avonduren extra schuttingen worden uitgevoerd. Aangezien er in deze uren geen of weinig aanbod van scheepvaart zal zijn, kunnen dit 'loze schuttingen' zijn, schuttingen waarbij alleen water verplaatst wordt. De aanpassing van het schutbeheer is relatief eenvoudig te realiseren doordat alleen de programmering van de sluizen hoeft te worden aangepast. De effectiviteit van deze maatregel is echter afhankelijk van de omvang van het aanbod dat optrekt naar de schutsluizen. Omdat er geen lokstroom uit de sluizen komt (er stroomt alleen water richting de polder) is dit twijfelachtig.

aanleg van migratievoorzieningen
Om de intrek verder te verbeteren is de aanleg van inlaatvoorzieningen noodzakelijk. Een inlaatvoorziening zou gerealiseerd kunnen worden door het plaatsen van een terugstroombak (naar idee van Arie Kwakernaak van het Hoogheemraadschap van Rijnland). Hierbij wordt aan de uitstroomzijde van één of meerdere gemaalgangen een bak geplaatst. Tijdens bemaling stroomt het water via deze bak naar het buitenwater. Vissen die op de lokstroom van het gemaal afkomen zullen zich binnen de bak ophouden. Zodra de gemaalpompen worden uitgeschakeld sluit een terugstroomklep de bak van het buitenwater af, waardoor water en vissen worden ingesloten. De verbinding tussen de bak en de gemaalgang blijft tijdelijk open waardoor het water uit de bak via de gemaalgang terugstroomt naar de polder en de vissen met het terugstromende water naar de polder worden gevoerd. Zodra de bak leeg is kunnen de terugslagkleppen van het gemaal gesloten worden.

Van de mogelijkheden die in bijlage V genoemd worden is de hevelvispassage wellicht geschikt als inlaatwerk, aangezien het inlaatdebiet van de overige migratievoorzieningen niet regelbaar is en door het peilverschil grote hoeveelheden water binnen zouden stromen. Doordat het inlaatdebiet bij de hevelvispassage regelbaar is, kan het aantal pompuren dat nodig is om het ingelaten water af te voeren beperkt blijven. De hevelvispassage heeft bovendien als voordeel dat deze voorziening het waterkerende deel van het dijklichaam niet hoeft te doorkruisen, maar over of door de kruin van de dijk kan lopen. Het water moet daarbij tot het hoogste punt in de hevel worden gebracht met behulp van een vacuüm, waarna de passage begint te hevelen.

De stromingsrichting in de hevelvispassage is tegengesteld aan de richting van de lokstroom. In een natuurlijke situatie waarbij sprake is van getijdenwerking in de monding van een rivier maken glasalen echter effectief gebruik van tegengestelde stromingsrichtingen bij de intrek. Bij vloedstromingen kiezen de glasalen hogere waterlagen die hen landinwaarts brengen. Zodra de sterkte van de vloedstroom afneemt laten ze zich naar de bodem zakken waar ze blijven zolang de stroming overwegend richting zee gericht is. Tijdens de volgende vloedstroom stijgen ze weer naar hogere waterlagen. Zodoende verplaatsen ze zich stapsgewijs het binnenwater is tot ze uit de invloedsfeer van de getijdenwerking zijn. Bij toepassing van hevelvispassages bij gemalen zullen deze passages goed passeerbare migratievoorzieningen voor glasaal vormen. De intrek van glasaal en andere vissoorten via een inlaatwerk zou bij de bestaande inlaat van gemaal Colijn kunnen worden onderzocht.

6.1.2. Stoomafwaartse migratie
Bij het waterbeheer in Flevoland brengt stroomafwaartse migratie vissen in alle gevallen naar de hoofdgemalen. De kans is het grootst dat ze daarbij terechtkomen bij het gemaal met het hoogste aantal draaiuren binnen het betreffende peilvak. Binnen de Hoge Vaart is dit gemaal Lovink, terwijl dit binnen de Lage Vaart gemaal Colijn is. Binnen de Hoge Afdeling brengt dit de vis in alle gevallen bij gemaal Smeenge. Op basis van het aantal draaiuren is binnen de Lage Afdeling de kans dat vissen bij gemaal Buma terechtkomen vrijwel gelijk aan de kans dat ze bij gemaal Vissering terechtkomen. Wanneer slechts één van deze twee gemalen wordt aangepakt kan men de afweging van andere factoren laten afhangen. Het verdient aanbeveling om de gemalen die niet passeerbaar gemaakt (hoeven te) worden altijd te voorzien van viswerende stroboscoopverlichting.

Zoals reeds in paragraaf 5.1. beschreven is, worden vraagtekens gesteld bij de mate waarin de centrifugaalpompen van de poldergemalen voor vissen passeerbaar zijn. Vooralsnog zijn er ook geen voorzieningen beschikbaar waarmee de gemaalpompen zelf visvriendelijker gemaakt kunnen worden (bijlage V). Om de poldergemalen passeerbaar te maken bestaan de volgende oplossingen:

1. aanpassing van de omwentelingssnelheid. Dit zou directe schade als gevolg van de passage door de pompen verminderen, maar verhelpt eventuele drukproblemen niet;
2. vervanging van de pompen door visvriendelijke vijzelgemalen. Deze optie is zeer ingrijpend en lijkt daardoor weinig kansrijk;
3. toepassing van een hevelvispassage voor stroomafwaartse migratie. De hevelvispassage is ontworpen om stroomopwaartse passage mogelijk te maken. Bij toepassing bij een stuw valt het water in de hevelvistrap over schotten heen en stroomt daardoor in dezelfde richting als het water dat over de stuw valt. Bij toepassing bij een gemaal stroom het water in de hevelvistrap van het hoogste pand naar beneden, terwijl het water via het gemaal juist van beneden naar boven gebracht wordt. Een hevelvistrap kan daardoor bij een gemaal alleen succesvol als stroomafwaartse migratievoorziening functioneren als vissen die met de stroom mee naar het gemaal zijn gebracht tegen de stromingsrichting in door de hevelvistrap zwemmen. Of vissen deze verandering in oriëntatierichting zullen maken is niet bekend.

Ondanks de onzekerheden rond de toepassing van de hevelvistrap bij gemalen lijkt deze migratievoorziening de meest kansrijke oplossing te zijn. Bovendien zou een hevelvispassage zowel als in- als uittrekvoorziening dienst kunnen doen. Het is echter wel nodig om met een proefopstelling eerst goed te onderzoeken of de hevelvistrap geschikt is voor toepassing bij een gemaal voordat hevelvistrappen als uittrekvoorziening worden ingezet.

6.2. Prioritaire stuwen

De klepstuw in de Oldenbroekertocht (stuw O:ST-100_900-5872) is de enige stuw die een peilvak ontsluit waaraan de eerste prioriteit is toegekend. Voor zowel deze stuw als de stuwen die peilvakken met de tweede prioriteit ontsluiten, geldt dat deze door een hoofdgemaal van het buitenwater gescheiden worden. Van migratie vanaf het buitenwater over de stuwen kan daardoor pas sprake zijn als ook de poldergemalen passeerbaar zijn. Tot die tijd kunnen door het passeerbaar maken van de stuwen wel de kansen voor vismigratie binnen de polders vergroot worden.

Alle passagevoorzieningen voor stuwen berusten op het principe dat het hoogteverschil dat overbrugd moet worden in kleinere stappen wordt verdeeld. Bij een gering hoogteverschil over de stuw kan dit het meest eenvoudig worden bereikt door een extra stuw met een lagere kruinhoogte bij te plaatsen. Voor het passeerbaar maken van stuwen met een hoogteverschil van meer dan 20 centimeter is de plaatsing van technische oplossingen noodzakelijk.

De klepstuwen die prioritaire peilvakken ontsluiten zijn tussen 2003 en 2005 geplaatst. Vanwege de afschrijvingstermijn van deze klepstuwen zijn oplossingen waarvoor aanpassing of vervanging van de stuw nodig is kostbaar. Oplossingen die als losse unit te plaatsen zijn, zoals de Meyberg-passage en de hevelvistrap, zijn daardoor de meest kosteneffectieve oplossingen voor deze stuwen. Bij de overige stuwen zijn alle oplossingen die in bijlage V genoemd worden toepasbaar.

6.3. Prioritaire sluizen

Voor het verbeteren van de passeerbaarheid van sluizen zijn in principe geen technische voorzieningen nodig, maar volstaat aanpassing van het beheer door uitvoering van extra schuttingen in de avond. Het blijft echter de vraag of dit voldoende effectief is.

6.4. Kostenindicatie

In tabel 6.1. is een kostenindicatie voor de technische migratievoorzieningen gegeven. Deze ramingen betreffen alleen de bouwkosten. De daadwerkelijke kostprijs is locatiegebonden en hangt samen met de civieltechnische werkzaamheden die nodig zijn voor de realisatie van de vispassage.

Tabel 6.1. Kostenindicatie voor de verschillende technische migratievoorzieningen

type	prijzen in EUR (excl. omzetbelasting)
Hevelvistrap bij hoofdgemalen (opvoerhoogte 6 m)	250.000 – 300.000
Hevelvistrap bij opvoerhoogte tot 2 m	150.000 – 200.000
Hevelvistrap voor toepassing bij een stuw	50.000 - 100.000
Terugstroomvoorziening bij gemaal	20.000
Vervanging van schroef door visveilige waaier voor schroefpompen*	nog geen raming beschikbaar
Bekkenpassage (1 m verval)	30.000-75.000
Vertical slot-passage (1 m verval)	175.000
V-vormige bekkentrap (1 m verval)	40.000 - 90.000
De Wit-passage	50.000 - 100.000
Meyberg-passage**	50.000
Aalhevel (1 m verval, uitvoering in kunststof)	30.000
Aalhevel (>1 m verval, uitvoering in metaal)	50.000
V-stuw*	15.000 - 20.000

*voorziening is nog niet in productie genomen.

Uitgangspunten:
- het betreffen hier bouwkosten (prijspeil juli 2007);
- alle prijzen exclusief omzetbelasting;
- de marge op deze prijzen is +/- 30 %;
- aan deze kostenindicaties kunnen geen rechten worden ontleend;
- uitgangspunt is dat elektrische voeding in de buurt aanwezig is;
- bij hevelsystemen zijn geen afsluiters in het systeem opgenomen.

Niet inbegrepen zijn de kosten voor:
- onvoorzien;
- engineering;
- bestaande kabels en leidingen;
- grondaankoop, planschade e.d. (behalve wel bij bekkenpassages omdat het daar aanzienlijk is);
- compenserende maatregelen;
- milieukundige (bodem)onderzoeken;
- archeologische onderzoeken;
- vergunningen en procedures inclusief leges;
- kosten opdrachtgever;
- financieringskosten;
- verzekeringen;
- risicoverrekening lonen/prijzen.

7. SLOTBESCHOUWING EN AANBEVELINGEN

7.1. Slotbeschouwing

7.1.1. Gemalen

Uit de prioritering van peilvakken volgt dat de hoogste prioriteit moet worden gegeven aan het passeerbaar maken van de hoofdgemalen, de daadwerkelijke toegangspoorten tot het beheersgebied. De aanpak van deze gemalen wordt echter nog omringd door diverse onzekerheden doordat, voor zover bekend, niet eerder een gemaal van het type en met de omvang van de poldergemalen van Flevoland vispasseerbaar is gemaakt. Bovendien is bij de poldergemalen binnen Zuiderzeeland niet eerder onderzoek gedaan naar de passage van vissen. Het verdient aanbeveling om voorafgaand aan de aanleg van migratievoorzieningen (terugstroombak en hevelvispassage zijn mogelijk geschikt) bij de gemalen enkele onderzoeken uit te voeren.

7.1.2. Stuwen

Naast de poldergemalen bevinden zich een groot aantal stuwen op de lijst met prioritaire kunstwerken. Doordat het achterland van deze stuwen kleiner is dan bij de poldergemalen is de prioriteit voor de aanpak van de stuwen lager. Daarentegen zijn er voor de aanpak van de stuwen juist meer oplossingen beschikbaar en is geen verder onderzoek nodig om tot de aanleg van migratievoorzieningen bij de stuwen te besluiten.

7.1.3. Sluizen

Aangezien sluizen in theorie passeerbaar zijn voor vis, zijn de sluizen die naast de hoofdgemalen gelegen zijn niet opgenomen in de lijst van prioritair aan te pakken vismigratieknelpunten. De sluizen vormen potentiële migratieroutes voor vis die de aanleg van migratievoorzieningen bij de gemalen gedeeltelijk overbodig kunnen maken. Het is daarom wenselijk om, voorafgaand aan besluitvorming over de bouw van migratievoorzieningen bij de gemalen, vast te stellen in hoeverre migratie via de sluizen plaatsvindt.

7.2. Aanbevelingen

In de uitgevoerde quickscan zijn de hoofdgemalen op basis van de theorie als prioritaire knelpunten aangewezen. Om verder inzicht te verkrijgen in de noodzaak van de aanleg van migratievoorzieningen bij deze kunstwerken wordt aanbevolen om de omvang van het visaanbod en de daadwerkelijke migratiebewegingen bij de hoofdgemalen in beeld te brengen. Het meest volledige beeld ontstaat wanneer zowel tijdens de voor- als najaarsmigratie onderzoek wordt uitgevoerd. Zodoende kan tijdens het voorjaar informatie worden verzameld over de migratiebewegingen vanuit de buitenwateren (IJsselmeer, Markermeer, Ketelmeer en Veluwerandmeren) naar de Flevo- en Noordoostpolders, terwijl tijdens het najaar inzicht kan worden verkregen in de migratiebewegingen vanuit de polders in de richting van de buitenwateren.

7.2.1. Voorjaarsmigratie

Onderzoek tijdens de voorjaarsmigratie zou gericht moeten zijn op de beantwoording van de volgende onderzoeksvragen:

- wat is de omvang van het visbestand dat tijdens het voorjaar optrekt naar de verschillende hoofdgemalen?
- wat is de soort- en lengteverdeling van dit visbestand?
- is de bestaande inlaat bij gemaal Colijn in te zetten als voorziening om stroomopwaarts migrerende vissen in het gebied binnen te laten?
- zijn de mogelijkheden voor de intrek van vis te verbeteren door de aanleg van hevelvispassages?
- in hoeverre maken vissen gebruik van schutsluizen bij 'intrek' migratie?

De volgende deelonderzoeken voor het voorjaarsonderzoek worden voorzien:

1. Onderzoek naar de omvang en samenstelling van het visaanbod
Het aanbod bij de hoofdgemalen wordt bij voorkeur bepaald door bemonstering met kruisnetten voor de muur van het gemaal aan de zijde van het buitenwater.

2. Onderzoek naar het visaanbod in de schutkolk van de scheepvaartsluizen
Naast de bemonstering van het aanbod dient een inschatting gemaakt te worden van het aanbod dat de gemalen passeert in de richting van de polder. Hiervoor dienen kruisnetbemonsteringen in de schutkolk van de schutsluis naast elk gemaal te worden uitgevoerd.

3. Onderzoek naar vispassage via het inlaatwerk van gemaal Colijn
Gemaal Colijn is het enige gemaal dat voorzien is van een inlaatwerk. Het inlaatwerk zou als migratievoorziening ingezet kunnen worden. De intrek van vis via het inlaatwerk kan worden onderzocht door de uitstroomopeningen van het inlaatwerk visdicht af te sluiten met een vangstconstructie.

Het voorjaarsonderzoek dient tijdens de piek van de voorjaarsmigratie te worden uitgevoerd.

De omvang en samenstelling van het visbestand dat in het voorjaar optrekt naar een gemaal is afhankelijk van het aanbod in het water waar het gemaal op uitslaat en de omvang van de lokstroom van het gemaal. De zeven hoofdgemalen binnen Flevoland verschillen onderling in het aantal uren waarin de gemalen ingezet worden en malen uit op in totaal vijf verschillende wateren. Het is aannemelijk dat als gevolg van deze variaties verschillen in het aanbod bij de diverse gemalen op zullen treden. Om een zo volledig mogelijk beeld van de optrek te krijgen wordt geadviseerd om onderzoek te laten uitvoeren bij de volgende vijf gemalen:
- gemaal Colijn (Ketelmeer);
- gemaal de Blocq van Kuffeler (Markermeer);
- gemaal Lovink (Veluwemeer);
- gemaal Vissering (IJsselmeer);
- gemaal Smeenge (Kadoelermeer).

7.2.2. Najaarsmigratie
Onderzoek naar vismigratiebewegingen bij de gemalen tijdens de najaarsperiode dient gericht te zijn op de beantwoording van de volgende vragen:
- wat is de omvang van het visbestand dat tijdens het najaar in de richting van de hoofdgemalen migreert?
- wat is de soort- en lengteverdeling van dit visbestand?
- welke mate van beschadiging en sterfte treedt op bij vissen die centrifugaal- en schroefpompen met een groot debiet en grote opvoerhoogte passeren?

Om deze onderzoeksvragen te beantwoorden dient het najaarsonderzoek te bestaan uit onderzoek aan de polderzijde van de gemalen en onderzoek aan de buitenzijde van de gemalen. Het onderzoek aan de polderzijde dient erop gericht te zijn om de omvang van het aanbod te bepalen en wordt uitgevoerd door fuiken in de aanvoerende watergang van het gemaal te plaatsen. Het onderzoek aan de buitenzijde tot doel zal hebben om de passeerbaarheid van de gemaalpompen en de overleving van gepasseerde vissen in beeld te brengen. Dit onderzoek zou moeten worden uitgevoerd door een vangstconstructie achter een gemaalgang te plaatsen. Bij het ontwerp van deze vangstconstructie dient aandacht te bestaan voor het minimaliseren van beschadiging van de vis door het vangtuig zodat kan worden vastgesteld in hoeverre de vissen als gevolg van de passage van de gemaalpompen beschadigd raken. Daarnaast dient te worden voorkomen dat vissen die het gemaal niet gepasseerd zijn de vangstconstructie binnen kunnen zwemmen.

De grootste verschillen in de overleving van vissen kunnen worden verwacht tussen gemaal Smeenge en de overige hoofdgemalen. Gemaal Smeenge is uitgerust met schroefpompen, terwijl de overige gemalen zijn voorzien van centrifugaalpompen. Voor volledig beeld dient het najaarsonderzoek daarom te worden uitgevoerd bij gemaal Smeenge en tenminste één ander hoofdgemaal. Met het oog op het hoge aantal draaiuren en de bemaling van zowel de Hoge als de Lage Vaart wordt het onderzoek bij voorkeur uitgevoerd bij gemaal Colijn. De uitvoering van bemonsteringen bij gemaal Colijn gericht op zowel de Hoge als de Lage Vaart kan verschillen in aanbod tussen beide deelgebieden aantonen. Eventueel kan het onderzoek worden uitgebreid met een gemaal Vissering of gemaal Buma om het aanbod in de Noordoostpolder en de Flevopolder te kunnen vergelijken.

Het najaarsonderzoek dient tijdens de piek van de najaarsmigratie te worden uitgevoerd.

7.2.3. Inzetbaarheid van hevelvispassages

Het is tot nu toe niet bekend in hoeverre hevelvispassages inzetbaar zijn als migratievoorziening bij gemalen omdat de stromingsrichting in de passage tegengesteld zou zijn aan de stromingsrichting in de gemaalgangen. Het is daarom aan te raden om, voor realisatie van hevelvispassages als migratievoorziening, te laten onderzoeken in hoeverre vissen gebruik maken van een hevelvispassage om van het beheersgebied naar het buitenwater te migreren.

8. REFERENTIES

1. Quak, J., 2006. Visie op vis: Visbeleid vanuit het perspectief van Waterschap Zuiderzeeland. Interne notitie van Waterschap Zuiderzeeland.
2. Kroes, M.J., Monden, S., 2005. Vismigratie: een handboek voor herstel in Vlaanderen en Nederland. Uitgave van de OVB en het Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, AMINAL.
3. Denayer, B., Belpaire, C., 1992. Effecten van pompgemalen op vispopulaties. Schade aan witvis en paling bij gedwongen blootstelling aan de werking van een vijzelpompgemaal. Rapport Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, Instituut voor Bosbouw en Wildbeheer nr. IBW.Wb.V.R.92.10
4. Germonpré, E., Denayer, B., Belpaire, C., Ollevier, F., 1994. Inventarisatie van pompgemalen in het Vlaamse gewest en preliminair onderzoek naar de schade van diverse pomptypes op vissen na gedwongen blootstelling. Onderzoek uitgevoerd door AMINAL en de Katholieke Universiteit Leuven.
5. Kruitwagen, G., Klinge, M., Manshanden, G.A.M., 2006. Opening eerste vispassage in een gemaal. H_2O 39 (9): 19
6. Kruitwagen, G., Klinge, M., 2007. Monitoring van stroomafwaartse migratie van vis bij gemaal Katwijk. Rapport Witteveen+Bos in opdracht van Hoogheemraadschap van Rijnland.
7. Kruitwagen, G., Klinge, M., 2006. Optimalisatie van intrekmogelijkheden voor vis bij gemaal De Helsdeur te Den Helder. Rapport Witteveen+Bos in opdracht van Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier.
8. STOWA, 2007. Ontwerp van een vispasseerbare kantelstuw:de V-stuw. STOWA-rapport 2007-04.

BIJLAGE I Bouwstenen voor de eindkaart

0.50 - 0.55
0.45 - 0.50
0.40 - 0.45
0.35 - 0.40
0.30 - 0.35

Op basis van de ecologische kwaliteitsratio voor macrofauna.
Omgerekend van waterlichaamniveau naar peilvak

Waterschap Zuiderzeeland

Bijlage 1a Waterkwaliteit

schaal: 0 2 4 6 8 10 12 km

projectcode:	LLS533-1
versie:	definitief
datum:	02-07-2007
getekend:	Astrid Boerkamp
gecontroleerd:	Guus Kruitwagen
goedgekeurd:	Guus Kruitwagen

N

Witteveen+Bos

P:\LLS\LLS533-1\gis\werkdata\kwaliteit.mxd 02-07-2007 9:43:59

peilvakken met natuurfunctie

peilvakken zonder natuurfunctie

Op basis van EHS

Waterschap Zuiderzeeland

Bijlage 1b Ecologische hoofdstructuur

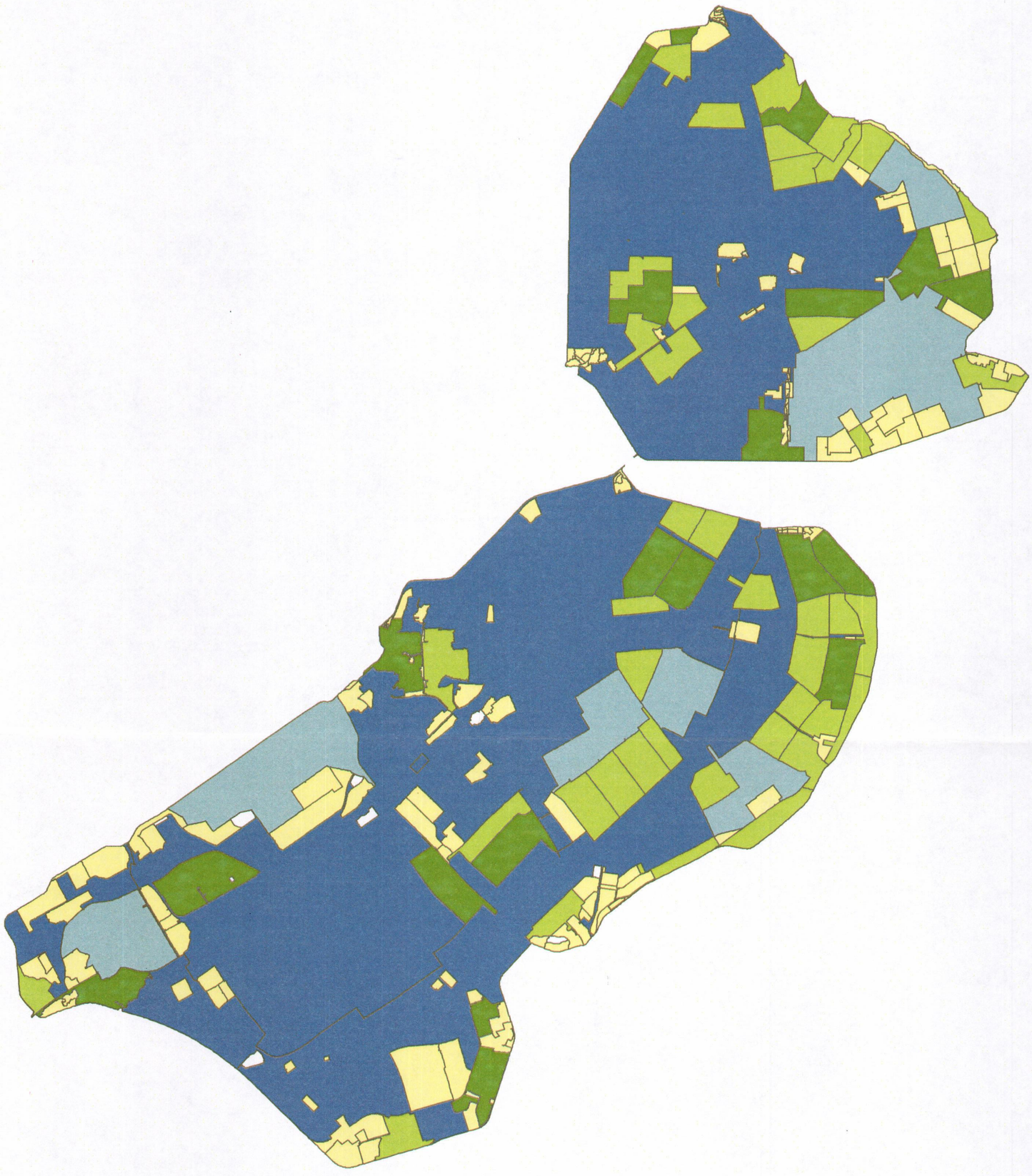
schaal: 0 2 4 6 8 10 12 km

projectcode:	LLS533-1
versie:	definitief
datum:	02-07-2007
getekend:	Astrid Boerkamp
gecontroleerd:	Guus Kruitwagen
goedgekeurd:	Guus Kruitwagen

N

Witteveen+Bos

P:\LLS\LLS533-1\gis\werkdata\EHS_boea2.mxd 02-07-2007 9:45:09



km oever

- > 1.000
- 100 - 1.000
- 66 - 100
- 33 - 66
- > 0 - 33
- 0

berekend op basis van de lengte van de watergangen en de omtrek van plassen

Waterschap Zuiderzeeland

Bijlage 1c Oeverlengte

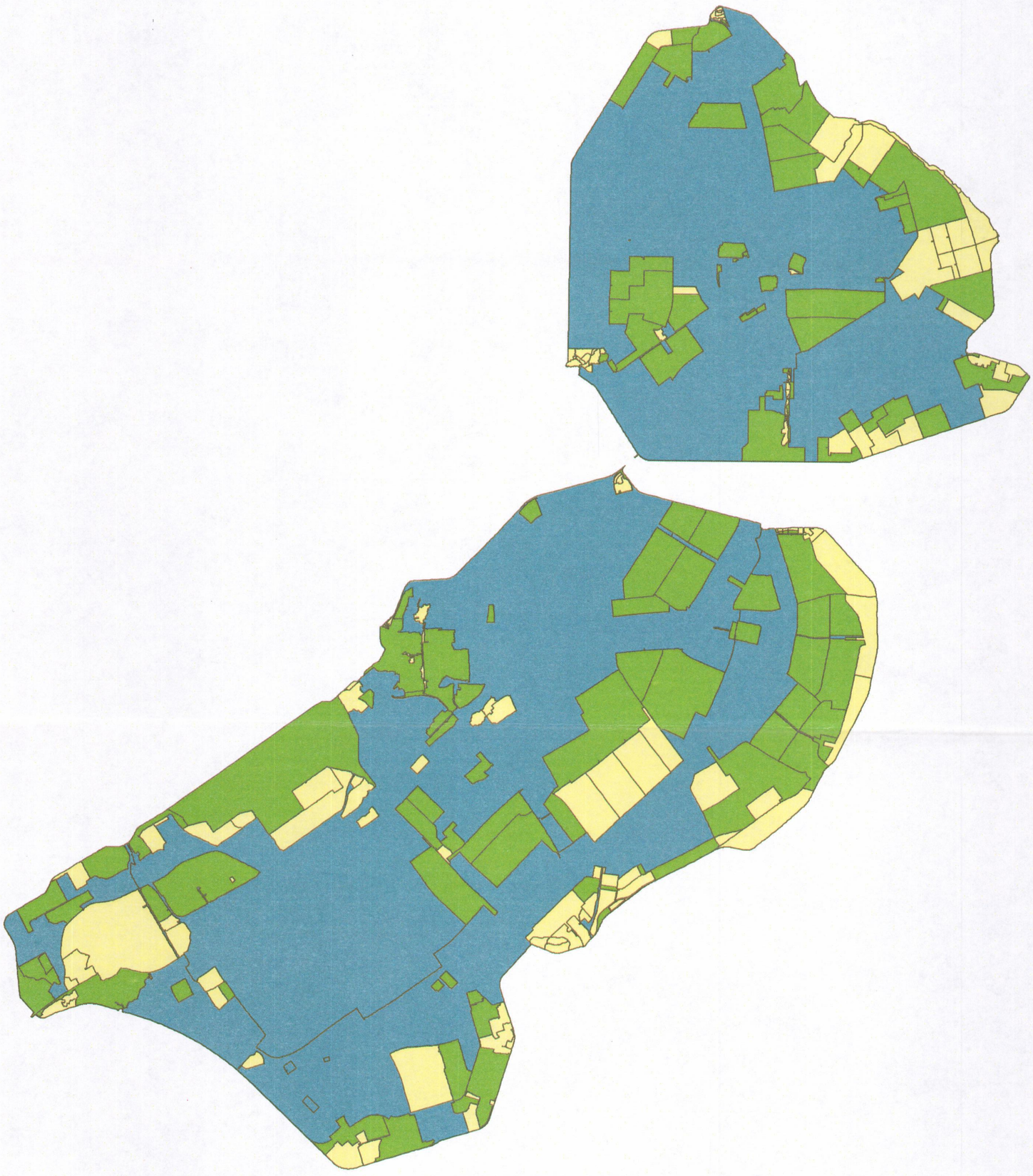
schaal: 0 2 4 6 8 10 km

projectcode:	LLS533
versie:	definitief
datum:	02-07-2007
getekend:	Astrid Boerkamp
gecontroleerd:	Guus Kruitwagen
goedgekeurd:	Guus Kruitwagen

N

Witteveen+Bos

P:\LLS\LLS533-1\gis\werkdata\Leefgebied.mxd 02-07-2007 9:47:46



1 overgang

2 overgangen

3 of meer overgangen

Waterschap Zuiderzeeland

Bijlage 1d Afstand tot buitenwater

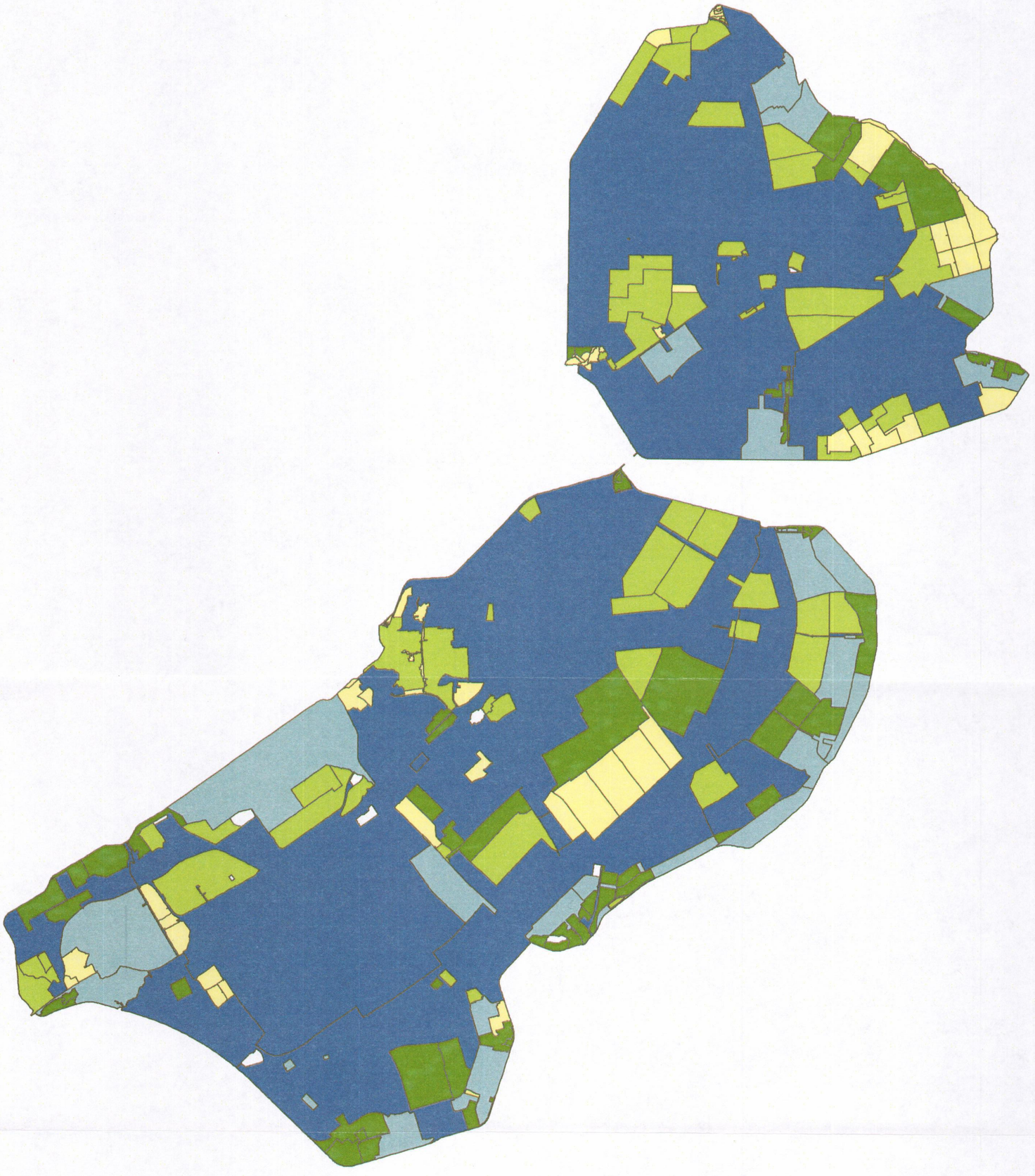
schaal: 0 2 4 6 8 km

projectcode:	LLS533
versie:	definitief
datum:	02-07-2007
getekend:	Astrid Boerkamp
gecontroleerd:	Guus Kruitwagen
goedgekeurd:	Guus Kruitwagen

N

Witteveen+Bos

P:\LLS\LLS533-Tgv\werkdata\Afstand buitenwater.mxd 02-07-2007 9:49:43



prioriteit

- eerste
- tweede
- derde
- vierde
- vijfde
- niet van toepassing

Waterschap Zuiderzeeland

Bijlage 2a Eindkaart prioritering

schaal: 0 2 4 6 8 10 12 km

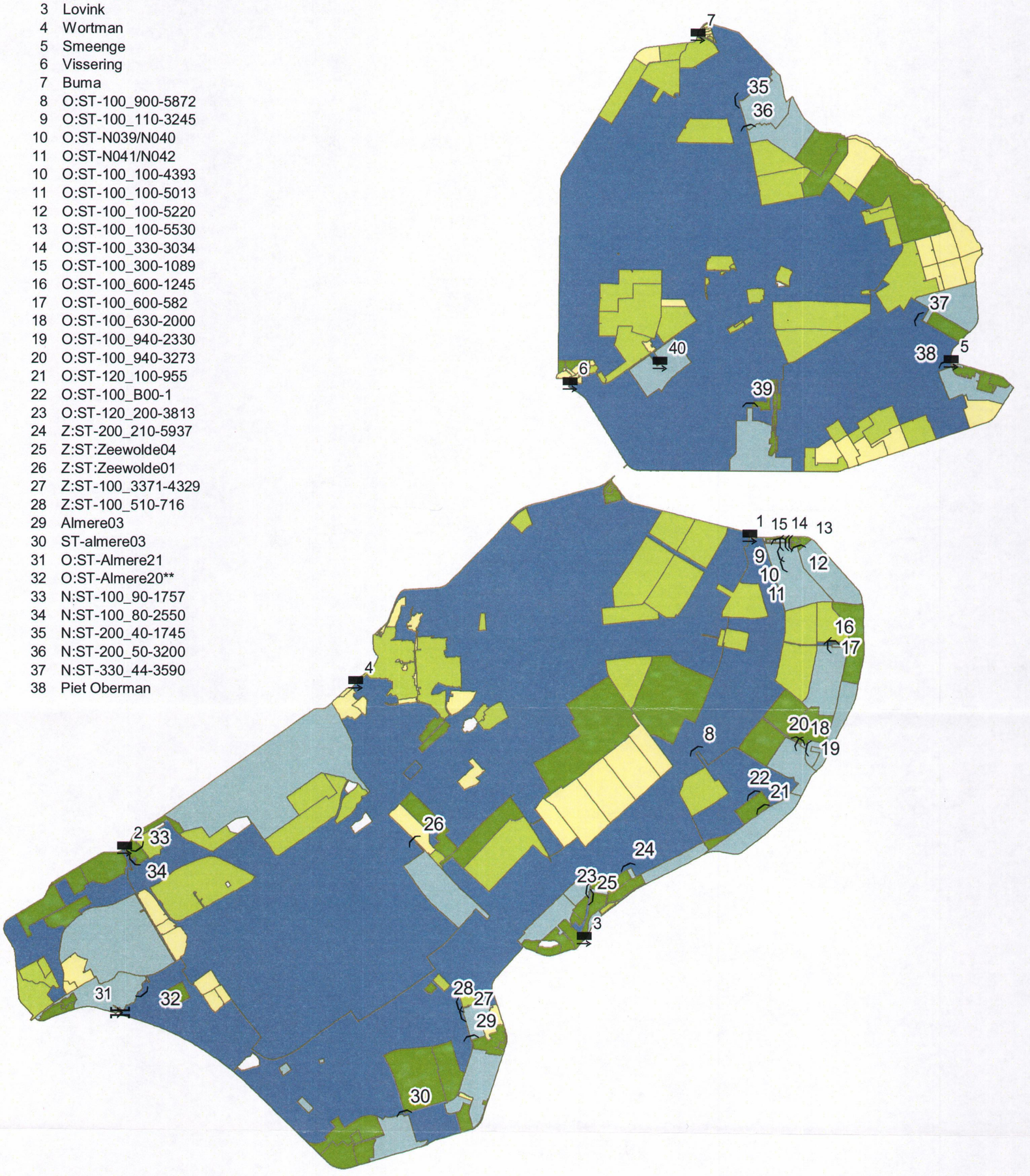
projectcode:	LLS533-1
versie:	definitief
datum:	02-07-2007
getekend:	Astrid Boerkamp
gecontroleerd:	Guus Kruitwagen
goedgekeurd:	Guus Kruitwagen

N

Witteveen+Bos

P:\LLS\LLS533-1\gis\werkdata\eindkaart.mxd 02-07-2007 11:35:08

1 Colijn
2 de Blocq van Kuffeler
3 Lovink
4 Wortman
5 Smeenge
6 Vissering
7 Buma
8 O:ST-100_900-5872
9 O:ST-100_110-3245
10 O:ST-N039/N040
11 O:ST-N041/N042
10 O:ST-100_100-4393
11 O:ST-100_100-5013
12 O:ST-100_100-5220
13 O:ST-100_100-5530
14 O:ST-100_330-3034
15 O:ST-100_300-1089
16 O:ST-100_600-1245
17 O:ST-100_600-582
18 O:ST-100_630-2000
19 O:ST-100_940-2330
20 O:ST-100_940-3273
21 O:ST-120_100-955
22 O:ST-100_B00-1
23 O:ST-120_200-3813
24 Z:ST-200_210-5937
25 Z:ST:Zeewolde04
26 Z:ST:Zeewolde01
27 Z:ST-100_3371-4329
28 Z:ST-100_510-716
29 Almere03
30 ST-almere03
31 O:ST-Almere21
32 O:ST-Almere20**
33 N:ST-100_90-1757
34 N:ST-100_80-2550
35 N:ST-200_40-1745
36 N:ST-200_50-3200
37 N:ST-330_44-3590
38 Piet Oberman



prioriteit
- eerste
- tweede
- derde
- vierde
- vijfde
- niet van toepassing

- stuw
- sluis
- gemaal

Waterschap Zuiderzeeland

Bijlage 2b Prioritaire kunstwerken

schaal: 0 2 4 6 8 km

projectcode:	LLS533-1
versie:	definitief
datum:	02-07-2007
getekend:	Astrid Boerkamp
gecontroleerd:	Guus Kruitwagen
goedgekeurd:	Guus Kruitwagen

N

Witteveen+Bos

P:\LLS\LLS533-1\gis\werkdataleendkaart met kunstwerken.mxd 02-07-2007 11:32:14

BIJLAGE III Herkomst van prioritaire status

prioriteit

- eerste
- tweede
- derde
- vierde
- vijfde
- niet van toepassing

- natuurfunctie
- leefgebied
- kwaliteit
- afstand tot buitenwater

Waterschap Zuiderzeeland

Bijlage 3 Aandeel van beoordelingscriteria in de eindscore

schaal: 0 2 4 6 8 10 12 km

projectcode:	LLS533-1
versie:	definitief
datum:	02-07-2007
getekend:	Astrid Boerkamp
gecontroleerd:	Guus Kruitwagen
goedgekeurd:	Guus Kruitwagen

N

Witteveen+Bos

P:\LLS\LLS533-1\gis\werkdata\eindkaart met aandeel.mxd 02-07-2007 11:38:07

BIJLAGE IV Kunstwerken op de overgang naar prioritair gebied

Tabel IV.1. Kunstwerken op de grens van peilvakken met de eerste prioriteit. Weergegeven peilen betreffen zomer streefpeilen

aanduiding eindkaart	kunstwerk	kunstwerktype	afwaterend peilvak	ontvangend peilvak	watergang	peil bovenstrooms	peil benedenstrooms	peilverschil over kunstwerk
1	Colijn	hoofdgemaal	LVA.01 (Hoge vaart)	Ketelmeer	Hoge vaart	-0,20	-6,20	6,00
2	de Blocq van Kuffeler	hoofdgemaal	LVA.01 (Hoge vaart)	Markermeer	Hoge vaart	-0,20	-6,20	6,00
3	Lovink	hoofdgemaal	LVA.01 (Hoge vaart)	Veluwemeer	Hoge dwarsvaart	-0,05	-6,20	6,15
1	Colijn	hoofdgemaal	O:3.01 (Lage vaart)	Ketelmeer	Lage vaart	-0,20	-5,20	5,00
2	de Blocq van Kuffeler	hoofdgemaal	O:3.01 (Lage vaart)	Markermeer	Lage vaart	-0,20	-5,20	5,00
4	Wortman	hoofdgemaal	O:3.01 (Lage vaart)	Markermeer	Lage dwarsvaart	-0,20	-5,20	5,00
5	Smeenge	hoofdgemaal	Hoge afdeling	Kadoelermeer	Zwolsevaart	-0,20	-4,50	4,30
6	Vissering	hoofdgemaal	Lage afdeling	IJsselmeer	Urkervaart	-0,20	-5,70	5,50
7	Buma	hoofdgemaal	Lage afdeling	IJsselmeer	Lemstervaart	-0,20	-5,70	5,50
8	O:ST-100_900-5872	klepstuw	O:1.19	O:3.01	Olderbroekertocht	-4,85	-5,20	0,35

Tabel IV.2. Kunstwerken op de grens van peilvakken met de tweede prioriteit. Weergegeven peilen betreffen zomer streefpeilen

aanduiding op eindkaart	kunstwerk	kunstwerktype	afwaterend peilvak	ontvangend peilvak	watergang	boven-strooms	beneden-strooms	peil-verschil
9	O:ST-100 110-3245	schotbalkstuw	O:1.05	O:3.01	Keteltocht	-5.09	-5.20	0.11
10	O:ST-N039/N040**	schotbalkstuw	O:1.05	O:3.01	Keteltocht	-5.09	-5.20	0.11
11	O:ST-N041/N042**	schotbalkstuw	O:1.05	O:3.01	Keteltocht	-5.09	-5.20	0.11
10	O:ST-100 100-4393*	klepstuw	O:1.01	O:1.02	Roggebottocht	-2.39	-3.30	0.91
11	O:ST-100 100-5013**	klepstuw	O:1.02	O:1.03	Roggebottocht	-3.30	-3.80	0.50
12	O:ST-100 100-5220**	schotbalkstuw	O:1.03	O:1.04	Roggebottocht	-3.80	-4.50	0.70
13	O:ST-100 100-5530	schotbalkstuw	O:1.04	O:3.01	Roggebottocht	-4.50	-5.20	0.70
14	O:ST-100 330-3034	schuifstuw	O:1.09	O:3.01	Oude bostocht zuid	-4.53	-5.20	0.67
15	O:ST-100 300-1089	vaste stuw	O:1.06a	O:3.01	Zwolsetocht	-4.28	-5.20	0.92
16	O:ST-100 600-1245	schotbalkstuw	O:1.10	O:3.01	Oosterwoldetocht	-4.56	-5.20	0.64
17	O:ST-100 600-582	vaste stuw	O:1.07	O:1.10	Oosterwoldetocht	-3.79	-4.56	0.77
18	O:ST-100 630-2000	klepstuw	O:1.14	O:3.01	Ellertocht zuid	-4.70	-5.20	0.50
19	O:ST-100 940-2330	vaste stuw	O:1.17	O:1.18	Spiiktocht	-4.12	-4.41	0.29
20	O:ST-100 940-3273**	vaste stuw	O:1.18	O:1.19	Spiiktocht	-4.41	-4.85	0.44
21	O:ST-120 100-955	klepstuw	RD15	O:3.01	Strandgapertocht	-4.81	-5.20	0.39
22	O:ST-100 B00-1	schotbalkstuw	O:1.22	O:3.01	Hierdensetocht	-4.81	-5.20	0.39
23	O:ST-120 200-3813	vaste stuw	RD 6 / RD 10	O:3.01	Pluvierentocht	-4.55	-5.20	0.65
24	Z:ST-200 210-5937	vaste stuw	LVA.13	LVA.01	Ooievaarstocht	-5.00	-6.20	1.20
25	Z:ST:Zeewolde04	klepstuw	O:2.05	O:3.01	Zeewolde 01	-4.65	-5.20	0.55
26	Z:ST:Zeewolde01	vaste stuw	O:2.05	O:3.01	Zeewolde 01	-4.65	-5.20	0.55
27	Z:ST-100 3371-4329	vaste stuw	O:2.05	O:3.01	Spiektocht	-4.65	-5.20	0.55
28	Z:ST-100 510-716	vaste stuw	O:2.07	O:3.01	Nijkerkertocht	-4.50	-5.20	0.70
29	Almere03	sluis	ALM3	O:3.01	Almere	-5.50	-5.20	0.30
30	ST-almere03	vaste stuw	ALM6	O:3.01	Lange Wetering	-4.80	-5.20	0.40
31	O:ST-Almere21	stuw (type ?)	OP7	OP4	onbekend	-3.70	-4.80	1.10
32	O:ST-Almere20**	stuw (type ?)	OP4	LVA.01	onbekend	-4.80	-6.20	1.40
33	N:ST-100 90-1757	vaste stuw	Schoterpad-d-tocht	Lage afdeling	Schoterpad-d-tocht	-5.07	-5.70	0.63
34	N:ST-100 80-2550	klepstuw	Schotertocht 1	Lage afdeling	Schotertocht	-4.93	-5.70	0.77
35	N:ST-200 40-1745	schotbalkstuw	Blokziilertocht	Hoge afdeling	Voorstertocht	-3.60	-4.50	0.90
36	N:ST-200 50-3200	klepstuw	Kraggenburgertocht	Hoge afdeling	Kadoelertocht	-4.17	-4.50	0.33
37	N:ST-330 44-3590	schotbalkstuw	Schokland H	Lage afdeling	Palentocht	-5.35	-5.70	0.35
38	Piet Oberman	ondergemaal	Piet Oberman	Lage afdeling	Han Stijkeltocht	-6.20	-5.70	0.50

*stuw is voorzien van een De Wit-passage. **grenst niet aan prioritair peilvak, maar ontsluiting is nodig om achterliggend prioritair peilvak bereikbaar te maken.

BIJLAGE V Beschikbare migratievoorzieningen

migratievoorzieningen voor gemalen

Op dit moment zijn er vier pompsystemen waarvan beweerd wordt dat deze visveilig zijn:

- een speciale pomp van Hidrostal:
  - Hidrostal pompen zijn centrifugaal pompen met een aangepaste waaier. Ze zijn voorzien van schroef die vergelijkbaar is met de punt van een kurkentrekker. Doordat de breedte van het blad geleidelijk toeneemt in breedte en de schroef in een omhulling is gevat blijven vissen die door de schroef passeren onbeschadigd. Geschikt voor capaciteit tot 15 m3/min;
- een aangepaste vijzel van Wim de Wit van Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden:
  - om beschadiging van vis te voorkomen zijn bij deze vijzel de eerste windingen aangepast door deze af te ronden. Hierdoor slaan de windingen minder op het water, maar glijden ze er geleidelijker in;
- een aangepaste vijzel van FishFlow Innovations BV:
  - bij deze uitvoering is de vijzel gevat in een omhulling die met de vijzel meedraait. Daarnaast zijn de eerste windingen aangepast: deze lopen vanuit het midden van de vijzel terug naar de buitenrand waardoor ze niet meer door het water slaan;
- een speciale venturipomp van FishFlow Innovations BV:
  - bij de gemaalvispassage wordt gebruik gemaakt van een venturi die achter een pomp geplaatst is. Door deze venturi wordt een stroming opgewekt in twee zijkanalen die aan het uitstroomkanaal van het gemaal bevestigd zijn. Door de zijkanalen te verlengen tot aan de stroomafwaartse zijde van het gemaal kunnen vissen het gemaal onbeschadigd passeren. Geschikt voor opvoerhoogte tot 3 meter.

Recent heeft FishFlow Innovations BV een nieuw type pompwaaier ontwikkeld welke eveneens visveilig is. Deze waaier is zodanig ontworpen dat deze visonvriendelijke waaiers kan vervangen zonder dat daarbij aanpassing van het pomphuis nodig is. Naast de schade die conventionele waaierpompen toebrengen aan passerende vissen, gaat er van deze pompen ook een barrièrewerking uit als gevolg van de trillingen en geluiden die deze pompen voortbrengen wanneer ze in bedrijf zijn. Dit aspect van de barrièrewerking van de pompen wordt niet verholpen door de waaiers te vervangen door het visveilige waaiertype. Als gevolg hiervan is het nieuwe type waaier niet geschikt als migratiebevorderende voorziening op knelpunten, maar is de waaier wel zeer geschikt om de visveiligheid van bestaande gemalen te vergroten.

Naast deze aangepaste pompsystemen bestaat de mogelijkheid om gebruik te maken van een hevelvistrap (FishFlow Innovations BV) om gemalen passeerbaar te maken. Omdat de stromingsrichting in de hevelvistrap tegengesteld is aan de stromingsrichting van het uitgeslagen water is niet duidelijk in hoeverre vissen van een dergelijke passagemogelijkheid gebruik maken.

Behalve gebruik van een visveilige pomptechniek is het vanuit het oogpunt van de vis tevens belangrijk om het gemaal tweezijdig paseerbaar te maken, dat wil zeggen veilig van polder naar buitenwater én van buitenwater naar polder. Vissen worden aangetrokken door het water dat uit de gemalen stroomt, met name rond de paaitijd in het voorjaar. Het is derhalve van belang ook een intrekvoorziening naar de polder ter plekke van het gemaal te realiseren. Dat kan bijvoorbeeld in de vorm van een bak met een klep welke aan de uitstroomopening van het gemaal wordt gekoppeld (zie de website van Arie Kwakernaak van Hoogheemraadschap van Rijnland, www.ariekwakernaak.nl).

Onderstaand zijn de verschillende migratievoorzieningen kwalitatief beoordeeld op basis van kosten, verwachte visveiligheid en migratie bevorderende werking. De migratiebevorderende werking is naast de visveiligheid aan de beoordeling van de vispasseerbaarheid toegevoegd omdat de barrièrewerking van gemalen niet alleen bestaat uit de fysieke beschadiging die de gemaalpompen veroorzaken, maar ook uit de geluiden, trillingen en drukverschillen die bij de gemaalpompen optreden. Als gevolg van deze effecten zijn enkele migratievoorzieningen wel geschikt om het beschadigingspercentage te verlagen, maar zijn deze voorzieningen niet geschikt

om in te zetten met het doel om vismigratie te verbeteren. De onderstaande tabel laat zien dat de beoordeling van de mogelijke oplossingen sterk uiteenloopt.

Uit de tabel komt naar voren dat de meest visveilige en zekere oplossing het werken met Venturi-pompen is. Voor de Hidrostal-pomp geldt onzekerheid ten aanzien van de vispassage in verband met de trillingen die de pomp produceert (daar houden vissen niet van) en de grote drukverschillen als gevolg van de opvoerhoogte (waardoor toch beschadigingen kunnen optreden). Voor de hevelvispassage geldt hetzelfde: de passage zelf is zeker visveilig, maar of de vissen de passage ook goed zullen benutten is onzeker.

Tabel V.1. Onderlinge vergelijking van de mogelijke oplossingen voor gemalen. -/+ = neutraal; + = gunstig

migratievoorziening	(verwachte) visveiligheid	migratie bevorderend	kosten
Hidrostal pomp (tot 15 m^3/min)	++	-/+ (veel trillingen)	+
De Wit-vijzel	+?	+ (turbulentie en geluid)	+
FishFlow-vijzel	++	++ (vijzel is zeer stil)	+
Venturi-pomp	++	+++ (geheel stil, geen draaiende delen)	+
FishFlow-waaier voor schroefpompen	++	-/+ (trillingen)	+++
Hevelvispassages in combinatie met stroboscooplampen	++	+? (onzeker doordat vissen hun oriëntatie moeten aanpassen (van zwemmen met de stroom mee naar zwemmen tegen de stroom in en vice versa))	++

migratievoorzieningen voor stuwen

Voor stuwen bestaan de volgende migratievoorzieningen:

- bekkenpassage:
  - het principe van een bekkenpassage berust erop dat het oorspronkelijke peilverschil bij een kunstwerk wordt teruggebracht door het hoogteverschil in stappen te overbruggen. Door een serie overlaten aan te brengen ontstaan opeenvolgende bekkens. De passeerbaarheid van een bekkenpassage hangt samen met het peilverschil tussen opeenvolgende bekkens;
- vertical slot-passage:
  - een vertical slot-passage bestaat uit een hellend kanaal waarbinnen op regelmatige afstand schotten zijn geplaatst. De schotten zijn zodanig geplaatst dat er zich ter hoogte van elk schot één of meerdere openingen over de hoogte van de passage bevinden. Door verschillende plaatsing van de schotten kan de stroomsnelheid in de passage worden gereduceerd waardoor passage mogelijkheden voor vissen ontstaan;
- v-vormige bekkentrap:
  - een V-vormige bekkentrap bestaat uit een bekkenpassage waarvan de overlaten tussen de opeenvolgende bekkens zijn voorzien van V-vormige inkepingen. Door deze inkepingen die zich op één lijn bevinden blijft de stroomsnelheid in de passage laag bij variabele debieten;
- hevelvistrap (FishFlow Innovations)
  - de hevelvistrap berust op het principe van een bekkenpassage die in een afgesloten bak is geplaatst. In de bak wordt met behulp van een vacuümpomp een onderdruk gecreëerd, waarbij een luchtbel in de bak wordt vastgehouden. Door het volume van de luchtbel aan te passen is het debiet dat door de hevelvistrap stroomt eenvoudig te regelen. Bovendien is de bak dankzij het gebruik van het vacuüm vrij plaatsbaar ten opzichte van het waterpeil aan weerszijden van het te passeren kunstwerk;

- De Wit-passage (Wim de Wit, HDSR):
  - een De Wit-passage bestaat uit een rechte bak met tussenschotten die elk voorzien zijn van een doorzwemopening. De doorzwemopeningen bevinden zich afwisselend aan de linker- en rechterzijde. Door de opbouw ontstaat een gelijkmatige stroomsnelheid door de hele passage heen. De passage is zowel stroomop- als stroomafwaarts passeerbaar. Dit type passage wordt in de stuw geïntegreerd. De lengte van de passage is afhankelijk van het verval; voor elke 10 cm hoogte verschil die wordt overbrugd wordt een compartiment toegevoegd;
- Meyberg-passage (Tauw):
  - de Meyberg-passage bestaat uit een bak die vergelijkbaar is met de De Wit-passage. Het verschil is echter dat de Meyberg-passage niet geïntegreerd wordt in de stuw, maar aan de klep van de stuw bevestigd wordt. Hierdoor is de passage met beperkte aanpassingen aan te brengen;
- aalhevel:
  - in een aalhevel wordt water opgepompt tot het hoogste punt van een passage waarna het naar beneden stroomt via een kanaal dat voorzien is van ruw materiaal. Jonge alen hebben goede klimcapaciteiten en kunnen via het ruwe materiaal omhoog klimmen. De toepassing van aalhevels maakt het mogelijk om een gebied alleen voor paling bereikbaar te maken;
- v-stuw (Peter Heuts, HDSR):
  - deze stuw is opgebouwd uit twee kleppen die onder een hoek van 90 graden staan en verbonden zijn door een scharnier. De kleppen hebben drijfvermogen waardoor de stuw bij lage afvoeren geopend blijft en vis langs de zijkanten van de kleppen kan passeren. Bij toename van het debiet ontstaat een waterstandverschil waardoor de kantelhoek van de kleppen zal veranderen. Boven een kritische grens sluit de stuw volledig [lit. 8].

De genoemde oplossingen verschillen van elkaar in de natuurlijkheid van de oplossing, de aanpassingen die voor realisatie nodig zijn, onderhoud en kosten voor realisatie. In onderstaande tabel worden de verschillende oplossingen vergeleken.

Tabel V.2. Onderlinge vergelijking van de mogelijke oplossingen voor stuwen. + = gunstig; - = ongunstig

type	natuurlijkheid	nodige aanpassingen	onderhoud	kosten
Bekkenpassage	++	--	-	-- (door aankoop land)
Vertical slot-passage	+	-	+	--
V-vormige bekkentrap	+	-	+	--
Hevelvistrap	-	++	++	++
De Wit-passage	-	+	+	+
Meyberg-passage	-	++	+	++
Aalhevel	-	++	++	++
V-stuw	+	-	-?	++?