

Postadres
Postbus 433
3430 AK Nieuwegein
Nederland
Bezoekadres
Buxtehudeaan 1
Nieuwegein
Telefoon (030) 605 84 11
Fax (030) 603 98 74

Postbank rek. nr. 595000

ABN-AMRO
rek. nr. 45.60.53.417

België: ABN-AMRO
rek. nr. 721.5201991.66

ovb@worldaccess.nl



**ORGANISATIE TER
VERBETERING VAN DE
BINNENVISSERIJ**



Onderzoeksrapport

Sonar-onderzoek naar het functioneren van de vissluizen in de Haringvlietdam

Project RWSZH/OVB 1996-30

9 januari 1997

uitgevoerd in opdracht van
RWS dir Zuid Holland

Jan H. Kemper

RAPPORT STATUS

Titel en subtitel	:Sonaronderzoek naar het functioneren van devissluizen in de Haringvlietdam
Samenstelling	:Organisatie ter Verbetering van de Binnenvisserij (OVB) Postbus 433 3430 AK NIEUWEGEIN Telefoon 030-6058411 Telefax 030-6039874
Opdrachtgever	:RWS Zuid Holland
Auteur(s)	:drs Jan H. Kemper
Klasse	:Onderzoeksrapport
Aantal pagina's	:23
Trefwoorden	:Sonar, vismigratie, vissluis, visriool
Verspreiding	:
Verkrijgbaarheid	:In overleg met RWS
OVB RSN	:
Oplage	:20
Projectnummer	:RWSZH/OVB 1996-30
Datum	:9 januari 1997

Bibliografische referentie: Kemper Jan H., 1996. Sonar-onderzoek naar het functioneren van de visluizen in de Haringvlietdam. Organisatie ter Verbetering van de Binnenvisserij, Nieuwegein. OVB-Onderzoeksrapport RWSZH/OVB 1996-30. 20p.

© 1996 Organisatie ter Verbetering van de Binnenvisserij, Nieuwegein.

Niets uit dit rapport mag worden vermenigvuldigd door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de copyright houders.

INHOUDSOPGAVE

INLEIDING	1
Algemeen	1
Proefgebied.	2
Vissluizen	2
Onderzoekperiode.	4
DOELSTELLING EN AANDACHTSPUNTEN VOOR HET ONDERZOEK	4
MATERIAAL & METHODE	5
Sonar algemeen	5
Opzet sonar systeem	5
Sonar output.	7
Real-time sonar data.	7
Bepaling van de signaalsterkte van individuele vis	7
Bepaling van de zwemrichting van individuele vis.	8
Koppeling van sonargegevens met waterstandgegevens	9
Opstelling van de apparatuur.	9
Aanvullende waarnemingen.	11
RESULTATEN	11
Kwantificering van de visverplaatsing door de vissluizen	11
Invloed van het debiet op de verplaatsing van vis	12
Gemiddelde lengte van de waargenomen vis.	16
Viswaarnemingen in relatie tot het moment van de dag.	17
DISCUSSIE	18
Kwantificering van de visverplaatsing door de vissluizen	18
Invloed van het debiet op de verplaatsing van vis	19
Gemiddelde lengte van de waargenomen vis.	21
Viswaarnemingen in relatie tot het moment van de dag.	21
Aanvullende waarnemingen.	22
CONCLUSIES	22
AANBEVELINGEN	23
LITERATUUR	23

SAMENVATTING

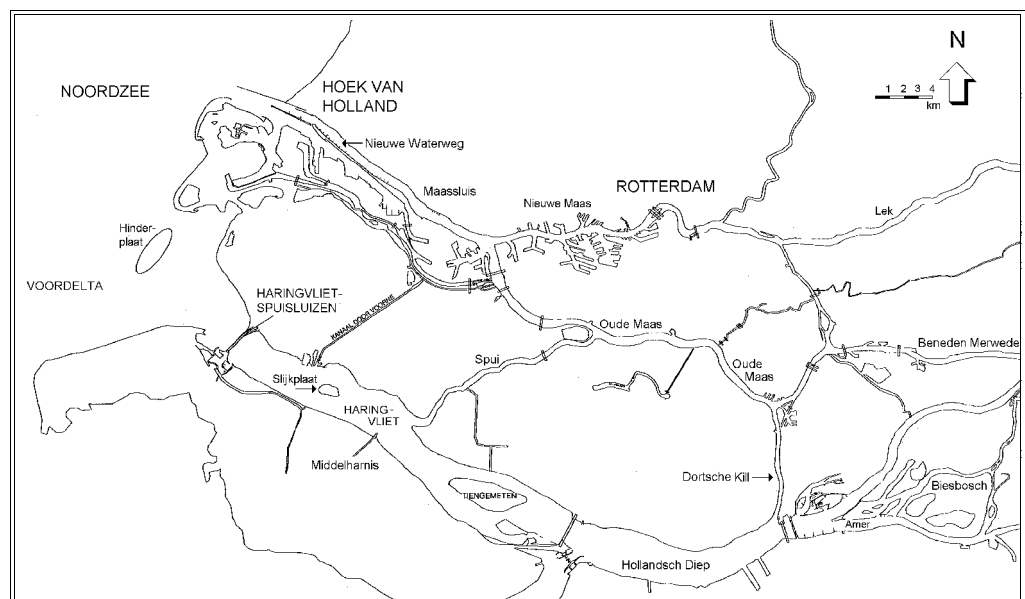
De Haringvlietdam is voorzien van een zestal vispassages van het type vissluis. De stroomsnelheid door de spuiopeningen is voor veel stroomopwaarts trekkende vis (o.a. zalm, zeeforel, stekelbaars, glasaal, fint) te hoog om het Haringvliet te bereiken. De vissluizen dienen ervoor om migrerende vis, de gelegenheid te geven, de hoge stroomsnelheden door de spuiopeningen te omzeilen. In opdracht van de Dienstkring Haringvliet (Rijkswaterstaat dir. Zuid-Holland), is onderzocht of optrekkende vis vanuit zee via de vissluizen, het Haringvliet kunnen bereiken. Er is gebruik gemaakt van sonar apparatuur waarmee onder andere, onderscheid kan worden gemaakt tussen stroomopwaarts zwemmende vis (richting Haringvliet) en vis die zich al dan niet passief in de richting van de zee begeven. De verplaatsing van vis door de vissluizen, is in verband gebracht met; i) de stroomsnelheid, ii) het debiet, iii) het moment van de dag en iii) de plaats van de vissluis in de dam. Om dit laatste aspect te onderzoeken is zowel een vissluis aan de rand van het spuicomplex in pijler 1, als een meer in het middengelegen vissluis (pijler 7), bekeken.

Het onderzoek wees uit dat er bij een sterk toenemend debiet, gebruik wordt gemaakt van de vissluizen, door optrekkende vis vanuit zee. Tevens bleek dat de vissluizen door veel zoetwatervis uit het Haringvliet, wordt gebruikt als schuilplaats. Deze vissen zwemmen op en neer door de vissluizen, wat het onderscheid met vanuit zee optrekkende vis enigszins bemoeilijkte.

1. INLEIDING

1.1 Algemeen

De intrek- en uittrekmogelijkheden voor vis bij de barrières langs de Nederlandse kust zijn reeds vele jaren onderwerp van studie (See & Vertegaal, 1990; Vanhemelrijk & van Broekhoven, 1990; De Haas, 1990; Cazemier, 1990; Vriese, 1995). Tijdens de bouw van de Haringvlietdam is rekening gehouden met het belang van migrerende vis vanuit zee.



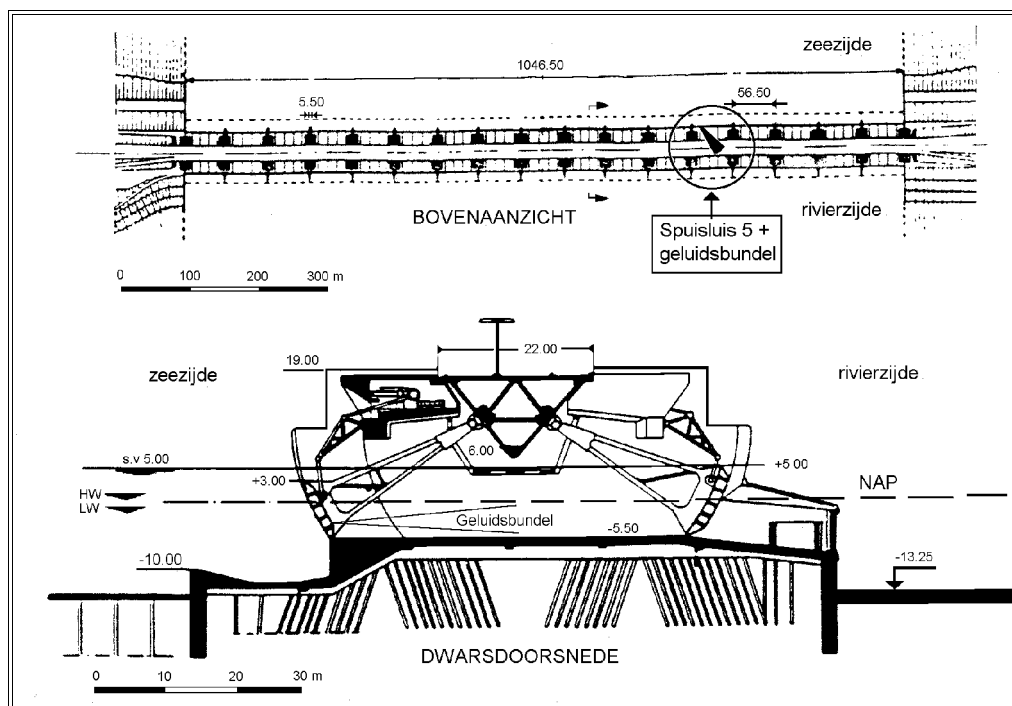
Figuur 1a. Overzicht van het noordelijk deltabekken.

Hiervoor zijn in zes pijlers voorzieningen getroffen in de vorm van vispassages van het type vissluis (Clay, 1961).

In dit onderzoek is met behulp van sonar apparatuur nagegaan in welke mate er door vis gebruik wordt gemaakt van de vissluizen om vanuit zee het Haringvliet op te trekken. Vergelijkbaar onderzoek heeft plaatsgevonden bij de Afsluitdijk. Op deze locatie is de intrek van bot (Kemper, 1993a) en zeeforel (Kemper, 1993b), door de spuiopeningen onderzocht. In het voorjaar van 1997 wordt een sonaronderzoek in de spuiopeningen van de Haringvlietdam uitgevoerd. Bij dit onderzoek wordt de invloed van een aangepast spuiregime op de mate van uitspoeling van zoetwatervis onderzocht (Kemper, 1996).

1.2. Proefgebied.

De Haringvlietsluizen zijn op grond van de in 1958 aangenomen Deltawet gebouwd en in 1971 geopend. Dit complex reguleert het water dat vanuit het Haringvliet naar zee wordt afgevoerd. (figuur 1a en 1b). Via het Haringvliet wordt jaarlijks circa 30 miljard kubieke meter water afgevoerd. Hiermee komt dit gebied op de tweede plaats na de Nieuwe

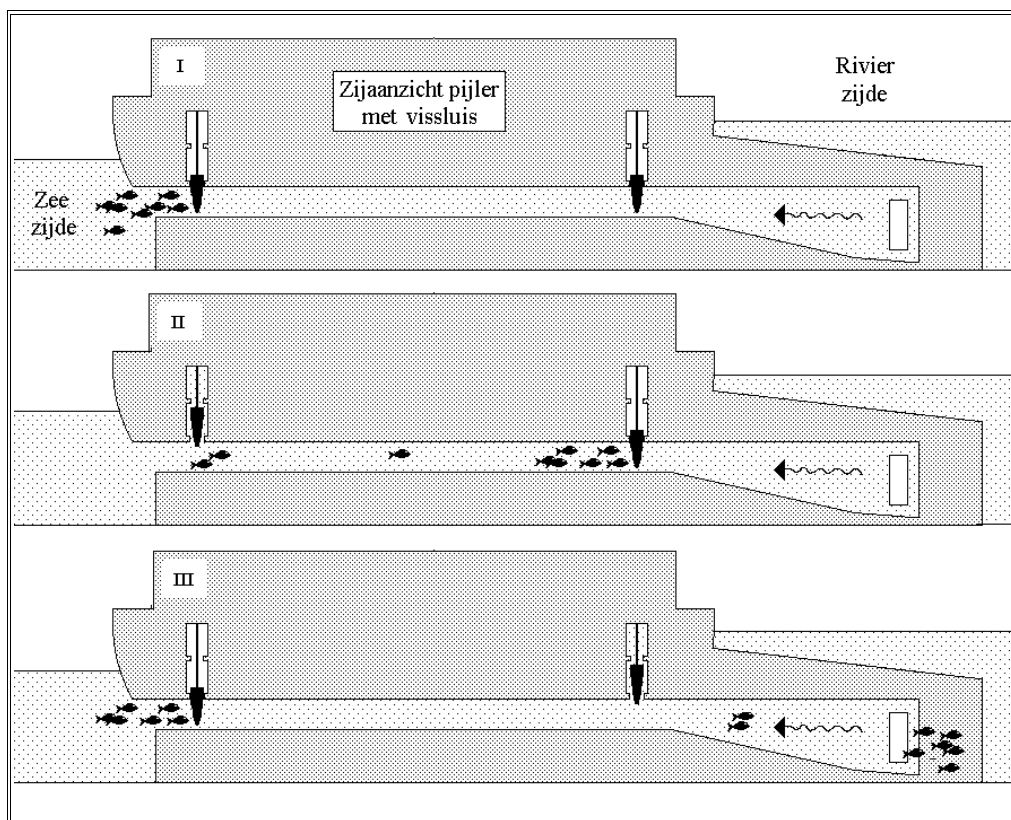


Figuur 1b. Schematisch bovenaanzicht van de Haringvlietsluizen en een dwarsdoorsnede van een spuisluis met zee- en rivierschuif.

Waterweg (47 miljard kubieke meter). De Haringvlietdam bevat een sluisencomplex bestaande uit 17 spuisluizen. Elke sluis is 60 meter lang en voorzien van een zeeschuif en een rivierschuif, elk met een breedte van 56,50 m. Afhankelijk van de Boven-Rijnafvoer worden bij eb één of meer zeeschuiven tot een bepaalde hoogte geheven. De rivierschuiven zijn onder normale omstandigheden volledig geheven.

1.2.1. Visluizen

In de pijlers 1, 4, 7, 10, 13 en 16 van het complex zijn vispassages van het type vissluis aangebracht. In navolging op de naamgeving van de **zoutriolen**, voor de afvoer van binnengedrongen zeewater, hebben de vispassages de benaming **visriool** gekregen. Voor dit rapport is gebruik gemaakt van de naam **vissluis** welke meer recht doet aan de functie van deze vispassages. Het oppervlak van de opening van de visluizen is 3 m². De onderkant van de visluizen ligt op -5,50 m NAP en zijn circa 65 m lang. Het principe van de vissluis is vergelijkbaar met dat van een schutsluis, dat erop is gericht dat boten een waterniveau verschil kunnen overbruggen. Het kanaal dat beide niveau's met elkaar verbindt, wordt door sluisdeuren afgesloten. Door afwisselend de sluisdeuren te openen en te sluiten, kan het waterniveau in het compartiment afwisselend op het hoog- en het laagwaterniveau worden aangepast. Het zal duidelijk zijn dat het waterniveau in de vissluis niet gevarieerd kan worden omdat deze volledig onder water staat. Maar de analogie met de schutsluis is dat de stroomsnelheid in de sluis tot een minimum kan worden teruggebracht. Vissen kunnen hiermee de (te) hoge stroomsnelheden in de spuiopeningen omzeilen en gebruik maken van de vispassage. Wel moet worden bedacht dat vissen geen gebruik van de vissluis zouden maken als er geen water door de sluis zou stromen. En zeker debiet is essentieel om de vissen de weg naar de vissluis te wijzen. Door nu één van



Figuur 2. Zijaanzicht van een pijler in de haringvlietdam met een vissluis. De stroomsnelheid door de sluis wordt afgeremd door alternierend één van de sluisdeuren ca 25 cm te heffen, en één sluisdeur volledig te openen. Vissen kunnen stapsgewijs vanuit zee, via de vissluis, de rivier optrekken. De stroomsnelheid door de sluis ligt rond de 20 cm/sec.

de deuren niet volledig maar gedeeltelijk te sluiten wordt de zogenaamde lokstroom gecreëerd. Een opening van ca 25 cm (0,3 m²) geeft een stroomsnelheid van maximaal 20 cm/sec. Een stroomsnelheid, die door de meeste migrerende vissoorten, makkelijk kan worden overwonnen (zie figuur 2).

1.3. Onderzoekperiode.

Het onderzoek zou oorspronkelijk in het voorjaar en in de zomer plaatsvinden. In het voorjaar zou aan de hand van de migratie van stekelbaars (*Gasterosteus aculeatus*), en mindere mate glasaal (*Anguilla anguilla*), het functioneren van de vissluizen worden bestudeerd. In de doelsoorten in de zomer zijn zeeforel (*Salmo trutta*) en in mindere mate fint (*Alosa fallax*). Door omstandigheden is het onderzoek in het voorjaar komen te vervallen. In de zomerperiode zijn van 9 tot en met 19 augustus metingen verricht bij de vissluis in pijler 1, en van 23 augustus tot en met 10 september in de vissluis in pijler 7 (in dit rapport verder omschreven als vissluis 1 en vissluis 7).

2. DOELSTELLING EN AANDACHTSPUNTEN VOOR HET ONDERZOEK

In samenwerking met de OVB is door de Dienstkring Haringvliet van de directie Rijkswaterstaat Zuid-Holland de algemene vraagstelling van het sonaronderzoek als volgt geformuleerd:

L Functioneren de vissluizen van de Haringvlietdam?

De volgende deelproblemen zijn onderscheiden:

- c Hoeveel vis passeert via de vissluizen?
- c Welke vissoorten?

In welke mate wordt vispassage bepaald door:

- c het debiet door de spuikokers?
- c het debiet door de vissluis?
- c het al dan niet spuien naast de vissluis?
- c de locatie van de vissluis?
- c het moment van de dag?

ad1. Het aantal passerende vissen per uur wordt bepaald.

ad2. Het is niet mogelijk de passerende vissen direct met de sonarapparatuur op soort te brengen. Getracht is met een fuikvisserij in de vissluis de soortsamenstelling van

- de passerende vis te bepalen. Daarnaast is gebruik gemaakt van sonargegevens als vislengte en zwemsnelheid.
- ad3. Tijdens het toenemen van het debiet bij afgaand water, wordt het voor migrerende vissen fysiek moeilijker de ingang van de vissluizen te bereiken.
 - ad4. Ook de stroomsnelheid door de vissluis neemt toe bij afgaand water. Mogelijk is dit op een bepaald punt beperkend voor de doorgang door de vissluis.
 - ad5. Indien er naast een vissluis niet wordt gespuid, is de lokstroom vanuit de vissluis door de vissen beter van de hoofdstroom te onderscheiden.
 - ad6. Vismigratie verloopt in hoofdzaak langs de oevers. Het is goed mogelijk dat de perifere vissluizen beter functioneren dan de centraal gelegen vissluizen.
 - ad7. Bij vergelijkbaar onderzoek bij de Afsluitdijk bleek met name in het voorjaar, dat migratie in de nacht was geconcentreerd.

3. MATERIAAL & METHODE

3.1. Sonar algemeen

Het gebruik van echosounders ten behoeve van visserijonderzoek is de laatste 20-30 jaar sterk toegenomen doordat de sonar apparatuur is verfijnd en doordat met behulp van computerprogramma's het gedigitaliseerde signaal van de echosounder kan worden geïnterpreteerd. Naast de zogenaamde 'single beam' techniek is de laatste jaren de 'dual beam' techniek tot ontwikkeling gekomen. De toepassingsgebieden in zoet water betreffen bestandsopnamen in diepe wateren en rivieren en studies met betrekking tot de verspreiding van vis bij kunstwerken in stromend water.

Met behulp van de dual beam techniek is het mogelijk:

- C vis te lokaliseren;*
- C vis bewegingen vast te stellen;*
- C de grootte verdeling van de aangetroffen vissen te bepalen;*
- C een schatting te maken van de dichtheid van de vispopulatie (Kemper & Raat, 1996)*

In 1991 is door de OVB de bruikbaarheid van de dual-beam sonar techniek voor visonderzoek getest in uiteenlopende situaties (Butterworth & Raat, 1991). Sinds augustus 1992 beschikt de OVB over dergelijke apparatuur.

3.2. Opzet sonar systeem

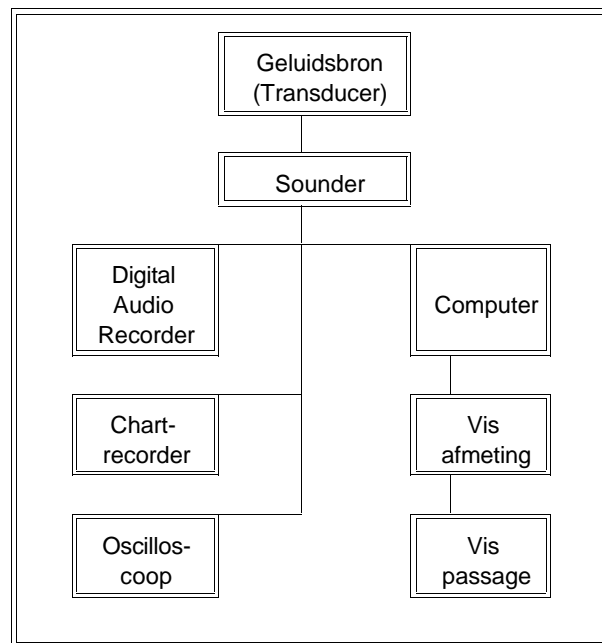
In figuur 3 is een overzicht gegeven van de sonar apparatuur.

De Echosounder ES 2000 van BioSonicstm is de centrale eenheid van het systeem. Dit apparaat geeft impulsen door naar de eigenlijke geluidsbron (**transducer**), die geluidsgolven door het water zendt. Naast de organisatie voor het verzenden van de signalen is de sounder ook verantwoordelijk voor de ontvangst van de echosignalen en versterking van het signaal. Drie karakteristieke instellingen voor de echosounder zijn:

1. **Puls-frequentie:** Het aantal pulsen (pings) dat per seconde wordt uitgezonden. De puls-frequentie kan worden gevarieerd van 0,2 tot 20 pings.sec⁻¹, en is afhankelijk van de opzet van het onderzoek. Zo zal bij het monitoren van vis bij het passeren van een kunstwerk de verblijftijd in de geluidsbundel kort zijn. De puls-frequentie zal navenant hoog moeten zijn om de vis waar te nemen. Voor dit experiment is een puls-frequentie van 10 pings.sec⁻¹ gebruikt.
2. **Puls-breedte:** De duur van de puls in milliseconden (ms). De instellingen variëren van 0,2 tot 1,6 ms en is bepalend voor de mate waarin afzonderlijke vissen kunnen worden waargenomen. Dit is aanschouwelijk te maken door de pulsduur te zien als een golf met een fysieke lengte. Zo heeft een puls van 0,2 ms een lengte van 0,3 meter bij een snelheid van 1500 meter.sec⁻¹ (d.i. snelheid van geluid onder water). Objecten met een onderlinge afstand, kleiner dan een halve pulslengte, ten opzichte van de geluidsbron, zullen niet meer afzonderlijk kunnen worden waargenomen. De vissen die door de spuiokers naar binnen zwemmen of naar zee uitspoelen hebben over het algemeen een onderlinge afstand die vele malen groter is dan de halve pulslengte.
3. **Frequentie:** De OVB beschikt momenteel over één mogelijkheid, namelijk 420 kHz. Deze frequentie is in het bijzonder toegespitst op het werk in ondiep water.

Geluidsbronnen zijn de luidsprekers en microfoons van het systeem en worden onder water opgesteld. De geluidsbrons van de OVB zijn van het type dual-beam, wat betekent dat zij zijn uitgerust met één luidspreker en twee microfoons. De eerste microfoon is gevoelig voor echo's uit een smal gebied binnen de geluidsbundel die door de luidspreker wordt uitgezonden. Het gebied waarvoor de eerste microfoon gevoelig is wordt de "narrow-beam" genoemd. De tweede microfoon is gevoeliger dan de eerste zodat deze een groter gebied bestrijkt ("wide-beam"). Het gevolg is dat eenzelfde object (target) in de geluidsbundel, met de "narrow-beam" als een zwakker signaal wordt waargenomen dan met de "wide-beam". Binnen de "dual-beam" geluidsbrons zijn twee typen te onderscheiden. De zogenaamde circulaire geluidsbronnen zijn kegelvormig. Elliptische geluidsbronnen zijn daarenboven afgeplat, zodat de bundel wordt beschreven door twee hoeken. In verband met de constructie van de vissluis is voor dit onderzoek een elliptische geluidsbron gebruikt.

De Oscilloscoop (Philipstm PM 93 scoopmeter) wordt tezamen met de **Chartrecorder** (BioSonics model 111) in het veld gebruikt om een eerste indruk te krijgen van de situatie. Aan de hand van deze bevindingen wordt



Figuur 3. Opzet van het sonar systeem in het kader van vismonitoring.

de echosounder ingesteld. Signalen van de sounder kunnen via een interface (BioSonics Tape recorder interface model 171) worden vastgelegd op een **Digital Audio Recorder** (Sony[™] TCD D3), zodat deze later in het lab met de PC kunnen worden verwerkt.

De Computer kan in het veld direct worden aangesloten op de sounder, zodat zogenaamde real-time processing plaats kan vinden. In de regel zal het signaal worden opgenomen op de DAT recorder zodat de verwerking in een later stadium plaats kan vinden. De PC (COMPAQ[™] 486 33 MHz) is uitgerust met twee boards voor de verwerking. De eerste verwerking wordt uitgevoerd door ESP programmatuur welke onder Windows[™] opereert. Verdere verwerking van de door de ESP programmatuur aangemaakte files wordt uitgevoerd in het Spread-sheet programma Microsoft Excel[™] en het databaseprogramma Superbase[™]

3.3. Sonar output.

3.3.1. Real-time sonar data.

In de regel worden de signalen van de echosounder op audioband geregistreerd om later door de computer te worden verwerkt. Het nadeel van het gebruik van tape is dat in afwezigheid van de onderzoeker, de opname is beperkt tot de capaciteit van één tape (twee uur). Het voordeel is dat de signalen van de sounder met verschillende instellingen van de software kunnen worden bewerkt. Bestaat er daarentegen zekerheid met betrekking tot de juiste instelling, dan kunnen de signalen van de sounder direct door de computer worden bewerkt. Met de vaste opstelling van de apparatuur in dit experiment bleek het goed mogelijk om een bevredigende instelling te bepalen. Zodoende zijn voor de volledige onderzoeksperiode de signalen "real-time" verwerkt, gedurende 24 uur per dag.

Met de sonaropstelling zijn de onderstaande gegevens verzameld. In onderstaande paragrafen zal op de verschillende onderwerpen nader worden ingegaan.

- c De **zwemrichting** van de vis. Dat wil zeggen dat er onderscheid wordt gemaakt tussen vis die stroomopwaarts migreert en vis die met de stroom mee naar zee wordt afgevoerd.
- c De **zwemsnelheid** van de vis ten opzichte van de omgeving en het stromende water. Hiermee wordt een indruk opgedaan van de soort vis die wordt waargenomen.
- c Het **tijdstip** waarop elke vis wordt waargenomen. Dit is van belang voor de bepaling van de dagelijkse ritmiek.
- c De **afmeting** van de vis. Hiermee wordt eveneens een indruk opgedaan van de soort vis die wordt waargenomen.

3.3.2. Bepaling van de signaalsterkte van individuele vis.

Om de afmeting van een vis te bepalen is het noodzakelijk om de exacte plaats van de vis ten opzichte van de centrale geluids-as (akoestische-as) vast te stellen. Dit is mogelijk door gebruik te maken van de tweede microfoon. De clou is dat beide microfoons een gelijke gevoeligheid hebben voor het gebied op de akoestische as (on-axis). Deze as is de centrale as van de geluidsbundel waar het geluid maximaal is (on-axis). Voor het gebied

vanaf de akoestische-as (off-axis) verloopt de gevoeligheid, voor beide microfoons verschillend. Omdat de verhouding tussen beide spanningen gelijk blijft, kan deze worden gebruikt voor de bepaling van de afstand tot de as.

De volgende stap is het in verband brengen van de Target Strength (d.i. de akoestische grootte voor de afmeting van een object) en de fysieke lengte van een individuele vis. Target Strength wordt uitgedrukt in decibel (dB) en ligt voor vissen in het gebied van -25 tot -65 dB. De hoeveelheid energie die een vis reflecteert naar de transducer is sterk afhankelijk van:

- C oriëntatie van de vis ten opzichte van de transducer;
- C de lengte van de vis;
- C de anatomie van de vis waarbij de zwemblaas een belangrijke rol speelt, en
- C de door sounder uitgezonden frequentie.

Love (1971), heeft een empirische relatie opgesteld waarmee de individuele vislengte is te berekenen aan de hand van de Target Strength, in het geval van een dorsaal aanzicht.

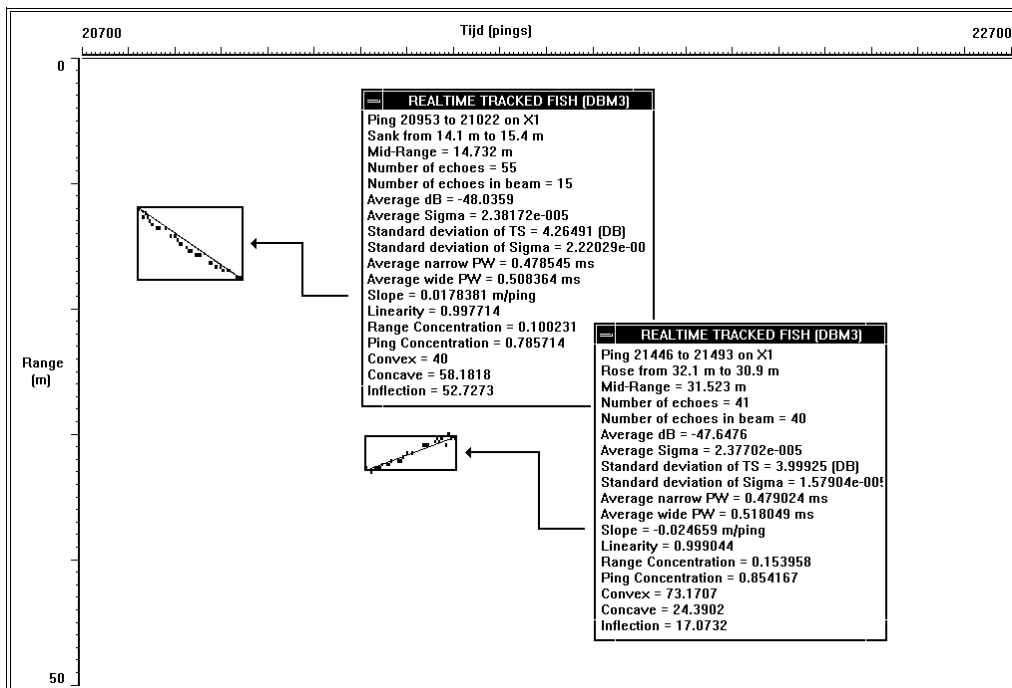
$$TSd = 19,1 \log(L) - 0,9 \log(f) - 62 \quad (\text{vgl. 1})$$

TSd = target strength, dorsaal aanzicht (dB)

L = lengte van de vis (cm)

f = frequentie (kilohertz)

De lengte van een vis wordt overigens niet bepaald aan de hand van één echosignaal.



Figuur 4. Voorbeeld van een echogram met twee vissporen. De positieve en negatieve waarde van de slope deze vissen geeft aan dat zij zich in tegengestelde richting verplaatsen. De waarden voor de Average dB zijn een maat voor de afmeting van de vis in decibel. De omrekening naar de fysieke lengte van de vis gebeurt met de vergelijking van Love (vgl. 1).

Alleen een serie signalen kan uitsluitend geven of we werkelijk te maken hebben met een vis. De lengte wordt bepaald aan de hand van de gemiddelde target strength van alle signalen die worden beschouwd als afkomstig van één viswaarneming.

Net als een fuik of een zegen heeft de sonarapparatuur een maaswijdte die bepalend is voor de kleinste vis die kan worden waargenomen. Bij sonar wordt de maaswijdte bepaald door de achtergrondruis. Om te voorkomen dat ruisignalen nodeloos door de computer worden verwerkt, wordt een zogenaamd ruis niveau ingesteld. Vissen die een echo geven welke onder dit niveau liggen zullen worden genegeerd. Het ruisniveau lag voor dit experiment bij een voltage dat correspondeerde met een vislengte van ca 8 cm.

3.3.3. Bepaling van de zwemrichting van individuele vis.

Om de bewegingsrichting van de vissen door de vissluis te bepalen wordt gebruik gemaakt van het zogenaamde echogram. In een echogram worden afzonderlijke echosignalen in de tijd (X-as), en verdeeld over de afstand tot de geluidsbron (Y-as), weergegeven. Er kan onderscheid worden gemaakt tussen twee typen echogrammen. Het eerste kan worden vergeleken met het echogram van de conventionele fish finder. Voor dit type echogram wordt uitsluitend gebruik gemaakt van het signaal van de 'narrow beam', waarbij de sterkte van het signaal wordt weergegeven in een bepaalde kleur. Daarnaast bestaat er het gedigitaliseerde echogram. Bij dit type echogram wordt alle informatie, die van een enkele echo wordt waargenomen, opgeslagen. Hieronder staan een aantal van de meest essentiële waarnemingen opgesomd:

- C* volt-Niveau van de narrow beam,
- C* volt-Niveau van de wide beam,
- C* een getalsmatige beschrijving van de vorm van het echosignaal,
- C* afstand tot de geluidsbron,
- C* sterkte van het echo signaal (target strength)

Een deel van de software is er op gericht om aan de hand van de samenhang van een serie individuele echosignalen aan te geven of er sprake is van een visspoor. Ook deze informatie wordt op file opgeslagen en kan voor de verdere analyse van de gegevens worden gebruikt.

In figuur 4 is een voorbeeld te zien van sporen van echosignalen, die door de software met een rechthoek, als vis worden aangemerkt. In dezelfde figuur staat verder een kleine selectie uit de informatie die per "vis" wordt vastgelegd.

Een item dat van groot belang is voor de monitoring van passerende vis is de "SLOPE". Hiermee wordt de verplaatsing ten opzichte van de transducer geregistreerd in meter/ping. In dit voorbeeld is de verplaatsing van de bovenste vis + 0,178 meter/sec bij een pulse frequentie van 10 pings/sec. De verplaatsing van de onderste vis is - 0,246 meter/sec. In dit onderzoek was de geluidsbron naar de rivier gericht. Een vis die vanuit zee de rivier optrekt zal zich daardoor van de geluidsbron af bewegen. Een verplaatsing van de geluidsbron af, is gedefinieerd als een positieve verplaatsing. Een negatieve verplaatsing houdt in dat een vis vanuit het Haringvliet, naar zee gaat.

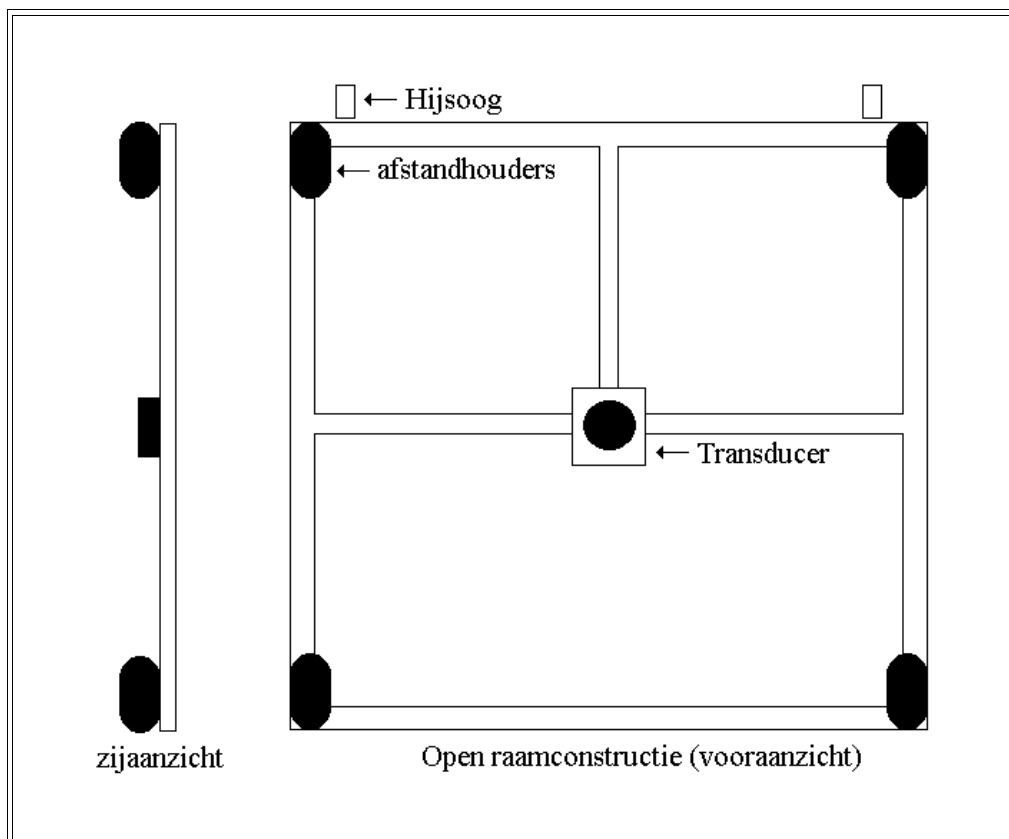
3.3.4. Koppeling van sonargegevens met waterstandgegevens

Net als bij de spuiopeningen, is het waterpeil verschil tussen de Noordzee en het Haringvliet bepalend voor de stroomsnelheid door de visluizen. Het peilverschil is in dit onderzoek als relatieve maat gebruik voor de stroomsnelheid. De waterstanden bij Stellendam (buiten) en Hellevoetsluis, worden door RWS vrijwel permanent gemeten. Het gemiddelde van deze waarden wordt eens in de 10 minuten opgeslagen. Het waterpeilverschil is dusdanig gedefinieerd dat er bij laag water sprake is van een negatief waterpeilverschil. Aan de hand van het tijdstip waarop een vis wordt waargenomen, wordt de waarneming gekoppeld aan het waterpeilverschil.

De sonarwaarnemingen werden gedurende 24 uur per dag uitgevoerd. Van deze 24 uur zijn de visluizen circa tweemaal vier uur buiten bedrijf in verband met hoogwater. Op deze momenten is geen doorgang door de visluizen mogelijk, zodat deze gegevens, buiten beschouwing zijn gelaten.

3.4. Opstelling van de apparatuur.

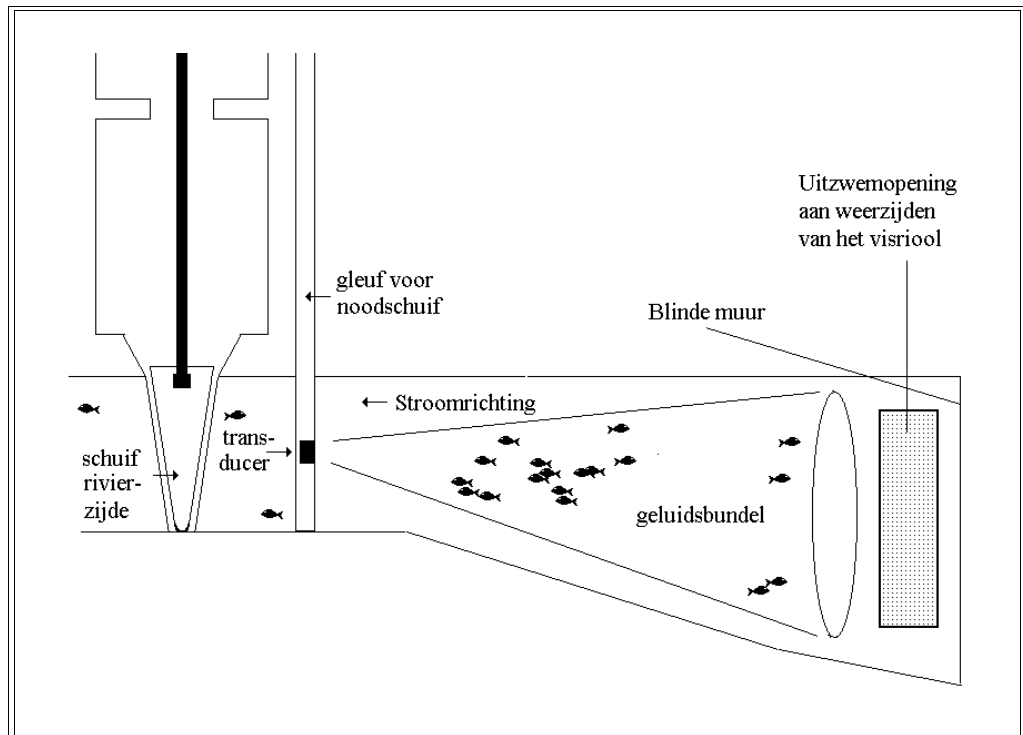
Circa 5 meter boven het kanaal van de vissluis ligt de machinekamer voor de bediening van de sluisdeuren. De apparatuur is in deze ruimte opgesteld. Hier is bovendien een telefoonlijn aanwezig, waarmee de sonarapparatuur via een modem verbinding vanuit het kantoor te Nieuwegein werd bestuurd. In dezelfde ruimte is een toegang tot de vissluis



Figuur 5. Raam constructie zoals deze door de gleuf van de noodsluif in de vissluis is neergelaten. In het midden van het raam is de geluidsbron bevestigd, waarmee de vis in de vissluis werd waargenomen.

aanwezig, die is gemaakt voor het aanbrengen van een noodschuif. Er is een raamwerk gemaakt met dezelfde buiten maten als de oorspronkelijke noodschuif. Dit raam is een open constructie, zodat het water kan passeren. De geluidsbron is op een verbinding in het midden van het raamwerk geplaatst (figuur 5).

De geluidsbron is aan de rivierzijde geplaatst. Aangenomen werd dat de vis die hier passeert, er in is geslaagd de hele vissluis te passeren en op het punt staat het Haringvliet te betreden. Deze garantie bestaat niet voor de vis die aan de zeezijde de vissluis inzwemt. Daarnaast sluit de constructie van de vissluis aan de rivierzijde, beter aan op de vorm van de geluidsbron, dan de constructie aan de zeezijde. Aan de rivierzijde verbreedt de vissluis zich vlak achter de gleuf van de noodschuif, waardoor de zich verbredende geluidsbundel hier beter inpast (figuur 6). De kabels van de geluidsbronnen (laagspanning) lopen langs de kabel, waarmee het raam is neergelaten, naar de echosounder en de PC in de machinekamer.



Figuur 6. Opstelling van de geluidsbron in de opening van de noodschuif in zijaanzicht.

3.5. Aanvullende waarnemingen.

Om inzicht te krijgen in de soortsaanstelling, is gedurende 4 dagen met een fuik getracht vis te vangen in vissluis 1. Daarnaast is het observatieraam in vissluis 1 door duikers gereinigd om visuele waarnemingen te doen aan passerende vis.

4. RESULTATEN

4.1. Kwantificering van de visverplaatsing door de vissluizen

In de figuren 7 en 8, is de hoeveelheid vis weergegeven, die zich per uur door de vissluizen heeft verplaatst. De figuren hebben betrekking op respectievelijk de resultaten van vissluis 1 en vissluis 7. De gegevens zijn uitgezet tegen de periode van het onderzoek (X-as). Op de Y-as is het aantal waarnemingen per uur uitgezet. In dezelfde figuren is zowel het aantal vissen, dat zich richting rivier als dat zich in de richting van de zee heeft verplaatst, uitgezet. Het aantal vissen dat richting rivier zwemt, is aangegeven met een positieve waarde (bovenzijde X-as, open symbolen). De richting van de vissen, die zich in de richting van de zee bewegen, is met een negatieve waarde aangegeven (onderzijde X-as). Het ontbreken van de gegevens op 14^{de} en deel van de 15^{de} augustus, is het gevolg van een storing in de apparatuur.

In tabel 1 is het gemiddelde aantal vissen per uur weergegeven. Er is onderscheid gemaakt tussen de uren dat er waarnemingen zijn gedaan terwijl er een bepaalde opening is gebruikt voor het spuien. Achter het gemiddelde is met een (\pm) teken het 95% betrouwbaarheidsinterval van het gemiddelde weergegeven. In de kolom "Uren" staat het aantal uren dat er waarnemingen zijn gedaan terwijl de desbetreffende opening(en) in gebruik waren.

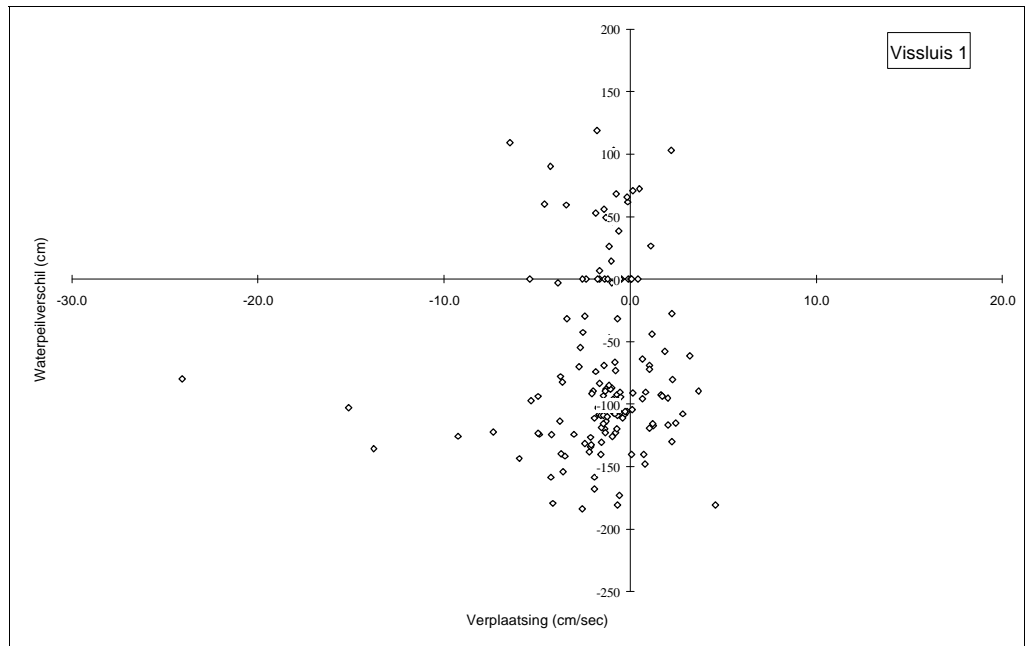
Vissluis 1				Vissluis 7			
Opening	Gemiddelde en 95% betrouwbaarheidsinterval (\pm)		Uren	Opening	Gemiddelde en 95% betrouwbaarheidsinterval (\pm)		Uren
	In	Uit			In	Uit	
1	16,4 \pm 5,2	22 \pm 7,2	76	3	7,2 \pm 2	17 \pm 0,6	89
3	14,1 \pm 3,7	37 \pm 9,1	54	7	5,7 \pm 1,2	12 \pm 2,5	101
1 + 3	15,1 \pm 8,4	11 \pm 5	14	1 t/m 7	7,5 \pm 2,9	6,6 \pm 2,1	31
				5, 6, 7	3,2 \pm 1,6	8,4 \pm 5,3	13
				6 + 7	3,7 \pm 1,5	8,1 \pm 3,5	30

Tabel 1. Gemiddelde aantal visbewegingen per uur in de richting van het Haringvliet (in) en in de richting van de zee (uit). De resultaten zijn opgesplitst naar de opening waardoor is gespuid.

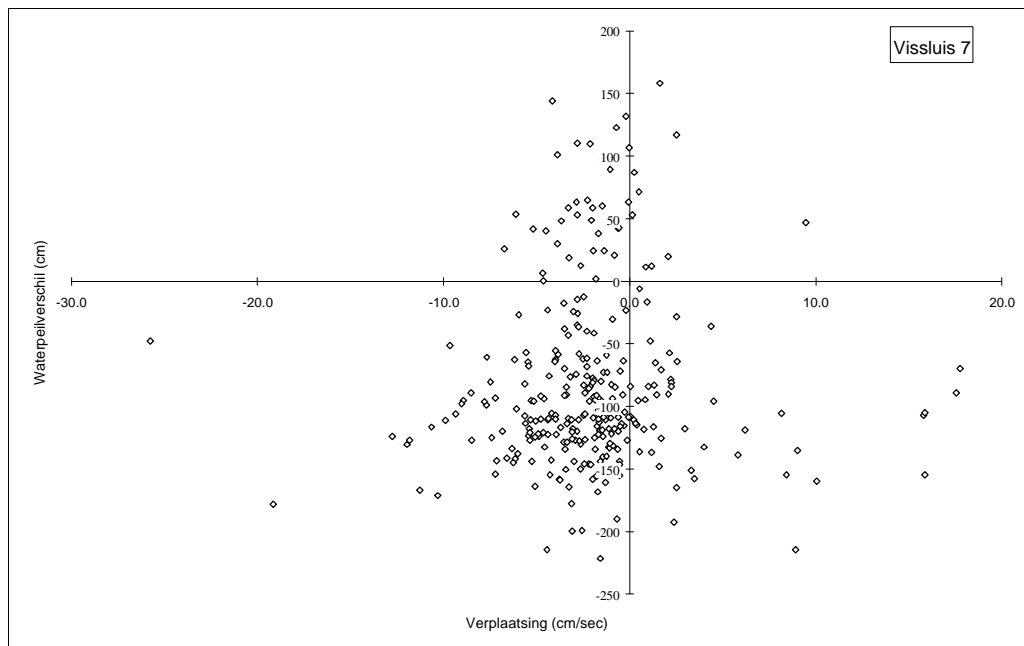
4.2. Invloed van het debiet op de verplaatsing van vis door de vissluizen.

In de figuren 9 en 10 is de relatie tussen het waterpeilverschil, als relatieve maat voor de stroomsnelheid door de vissluis, en de verplaatsingssnelheid van de vis uitgezet. In deze figuren kan van de X-as, naast de verplaatsingssnelheid, ook de richting worden afgelezen waarin de vissen zich verplaatsen. Zoals reeds in § 4.1 is aangegeven, is een positieve waarde gedefinieerd als een verplaatsing in de richting van de rivier en een negatieve waarde als een verplaatsing in de richting van de zee. Het waterpeilverschil tussen de zee

en de rivier is op de Y-as uitgezet. De hoeveelheid gegevens in deze figuren is gecomprimeerd door de waarnemingen per uur te middelen

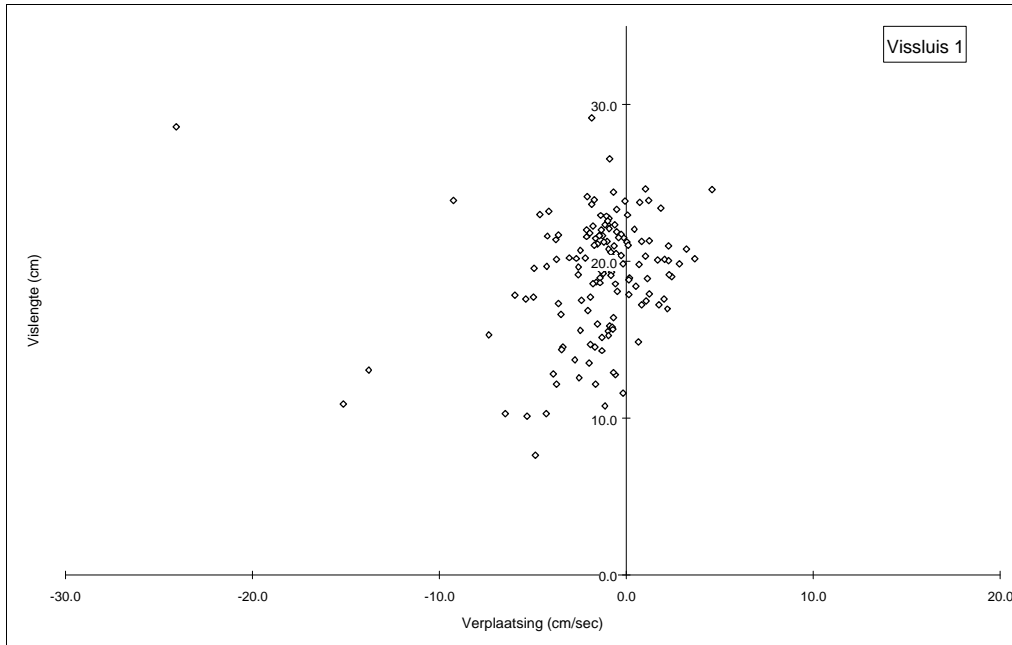


Figuur 9. Gemiddelde verplaatsing (cm/sec) in visluis 1, uitgezet tegen het waterstandverschil tussen zee en rivier.

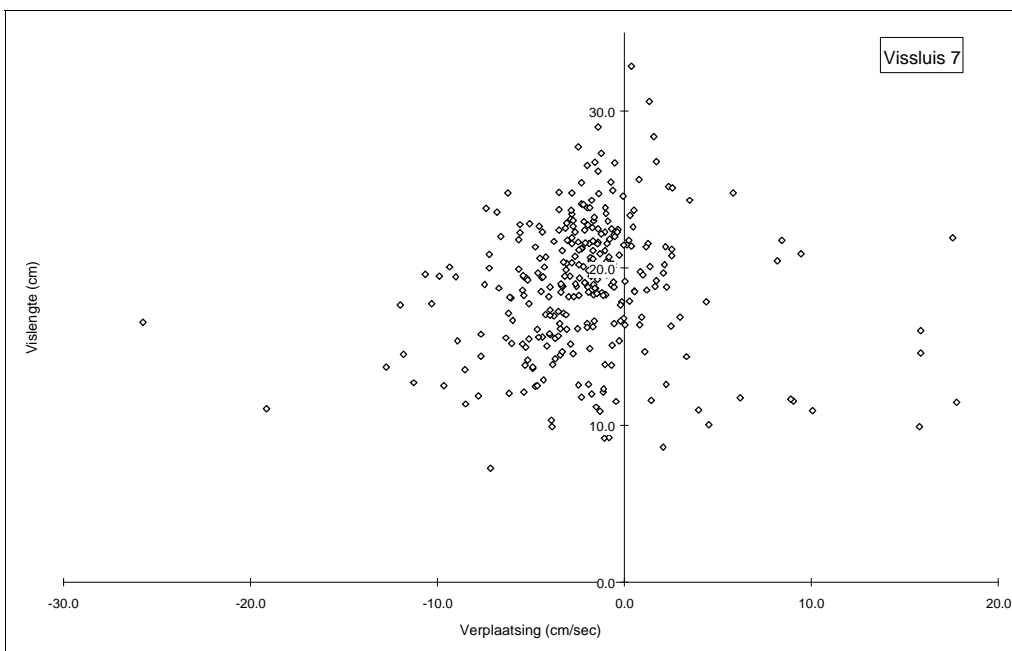


Figuur 10. Gemiddelde verplaatsing (cm/sec) in visluis 7, uitgezet tegen het waterstandverschil tussen zee en rivier.

In de figuren 11 en 12 is de gemiddelde vislengte uitgezet tegen de verplaatsing van de vis. Ook hier is gebruik gemaakt van de gemiddelde waarden per uur..



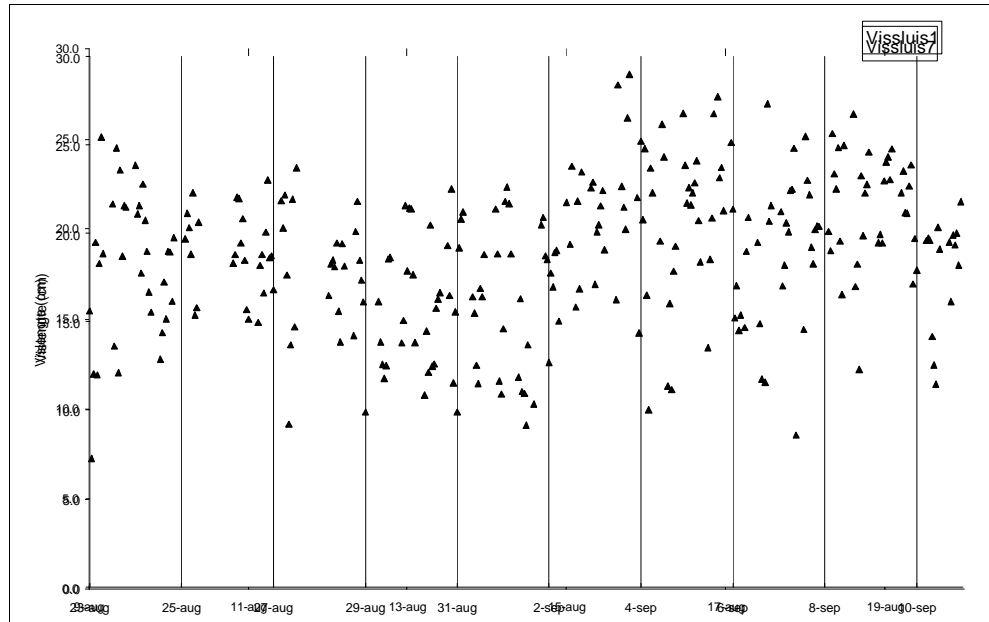
Figuur 11. Gemiddelde verplaatsing (cm/sec) in visluis 1, uitgezet tegen de gemiddelde lengte van de waargenomen vis.



Figuur 12. Gemiddelde verplaatsing (cm/sec) in visluis 7, uitgezet tegen de gemiddelde lengte van de waargenomen vis.

4.3. Gemiddelde lengte van de waargenomen vis.

In de figuren 13 en 14 is nogmaals de gemiddelde lengte per uur uitgezet van respectievelijk vissluis 1 en 7. De gegevens zijn hier alleen tegen de periode van het onderzoek uitgezet, teneinde het verloop in de tijd aan te geven.

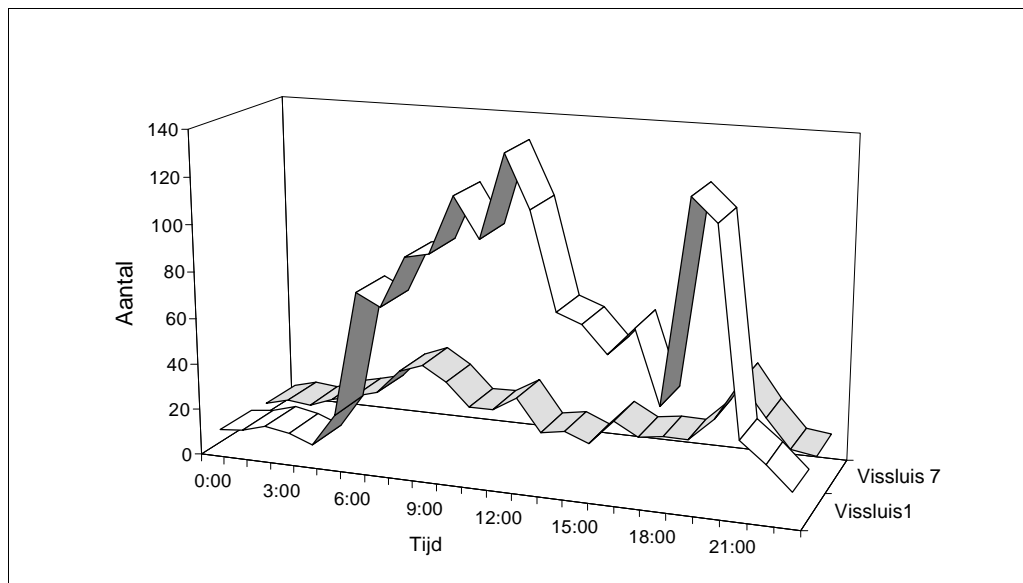


Figuur 13. Overzicht van het verloop in de gemiddelde lengte (per uur) van de waargenomen vis, over de tijd.

4.4. Viswaarnemingen in relatie tot het moment van de dag.

In de figuren 15, 16 en 17 zijn de gegevens met betrekking tot :

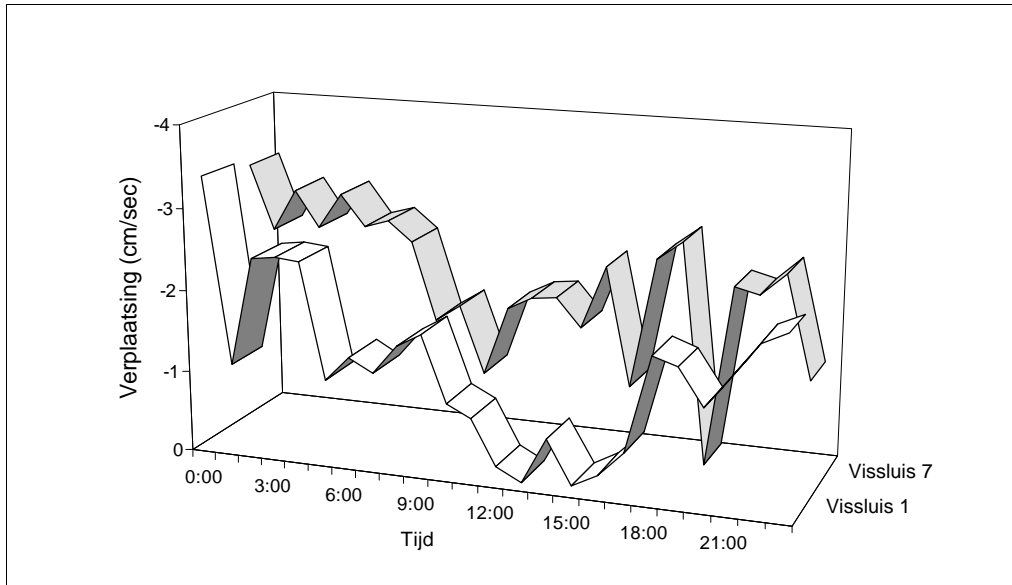
c het gemiddeld aantal waarnemingen,



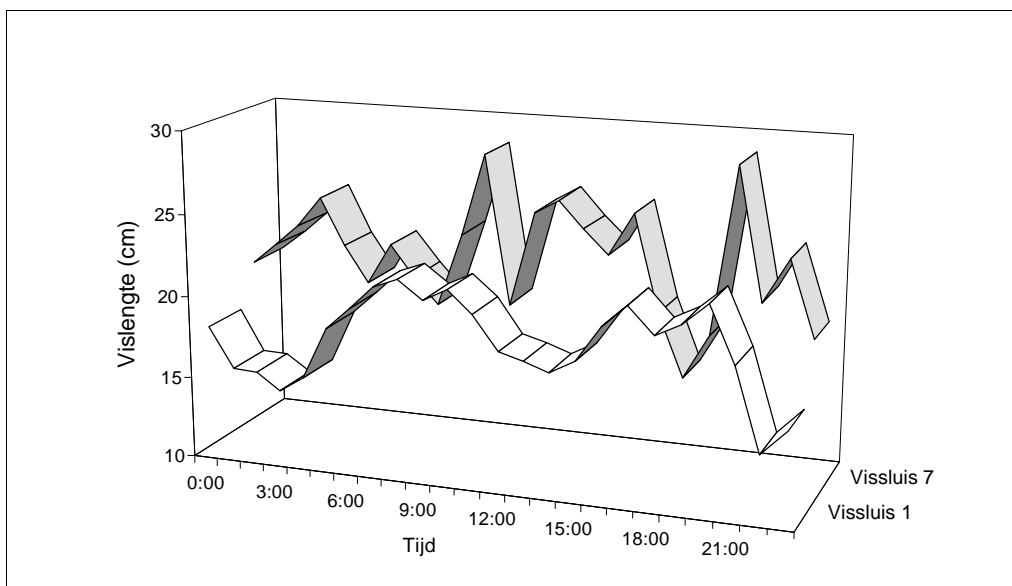
Figuur 15. Gemiddeld aantal viswaarnemingen per uur, verdeeld over de uren van de dag.

C de gemiddelde verplaatsing en
C de gemiddelde lengte,

uitgezet tegen de uren van de dag. Zo is in figuur 15 voor elk heel uur het gemiddelde bepaald van het totale aantal viswaarnemingen. Dit is apart uitgevoerd voor vissluis 1 en voor vissluis 2. Hetzelfde is gedaan voor de gemiddelde visverplaatsing (figuur 16) en voor de gemiddelde lengte van de waargenomen vissen (figuur 17).



Figuur 16. Gemiddelde verplaatsingssnelheid (cm/sec) van alle waarnemingen per uur, verdeeld over de uren van de dag.



Figuur 17. Gemiddelde lengte van alle waarnemingen per uur, verdeeld over de uren van de dag

5. DISCUSSIE

5.1. Kwantificering van de visverplaatsing door de visluizen

Het meest opvallende aan de figuren 7 en 8 is dat de waargenomen vis zich in vrijwel gelijke mate in de richting van de zee (negatieve verplaatsing), als in de richting van de rivier (positieve verplaatsing), verplaatst. Bovendien is te zien dat het verloop van het aantal positieve verplaatsingen in de tijd, tamelijk synchroon loopt met het aantal negatieve verplaatsingen. Met andere woorden; Als er veel vissen in de richting van de rivier gaan, dan gaan er gelijktijdig veel vissen in de richting van de zee. De verklaring hiervoor is dat het gros van de waarnemingen betrekking heeft op zoetwatervissen (brasem, blankvoorn, baars etc), die zich in de visluizen ophouden. De netto verplaatsing is overigens in de richting van de zee, zodat een groot deel van de vis in zee zal verdwijnen. Dit sluit aan op de waarnemingen die zijn gedaan in de spui openingen van de Haringvlietdam en de spuiokers van de Afsluitdijk, waar veel vis naar zee wordt afgevoerd. De belangrijkste reden hiervoor is dat de vis zich niet bewust is van het dreigende gevaar. In een natuurlijke rivierdelta is er sprake van een kilometerlange brakwaterzone, veroorzaakt door het tweemaal daags binnentreden van zout zee water. Door deze geleidelijke overgang van zoet naar zout water wordt zoetwatervis tijdig gewaarschuwd voor het naderende gevaar van uitspoeling. Verder mag worden aangenomen dat veel vis de vissluis juist opzoekt als schuilplaats.

De verwachting was dat, indien de visluizen werden gebruikt, er alleen stroomopwaarts trekkende vis zou kunnen worden waargenomen. Dat de visluizen ook door, op en neer pendelende zoetwatervis werd bezocht, maakte het lastig om deze zoetwatervissen van de stroomopwaarts trekkende vis te onderscheiden.

Een tweede aspect dat in de figuren 7 en 8 opvalt, is het aantal waarnemingen per tijdseenheid dat in vissluis 1 veel hoger ligt dan in vissluis 7. Dit voldoet aan de verwachting, aangezien veel vissoorten aan de oeverzone zijn gebonden. Het was tevens de verwachting dat ook stroomopwaarts trekkende vis in hoofdzaak langs de oever als naar een meer centraal gelegen vissluis te kijken, was om het verschil in het aantal te bepalen. Ook migrerende vis maakt in veel gevallen gebruik van de oeverzone om de sterke stroming zoveel mogelijk te omzeilen. Hierover kan helaas niets worden geconcludeerd, door de versturende aanwezigheid van zoetwatervis.

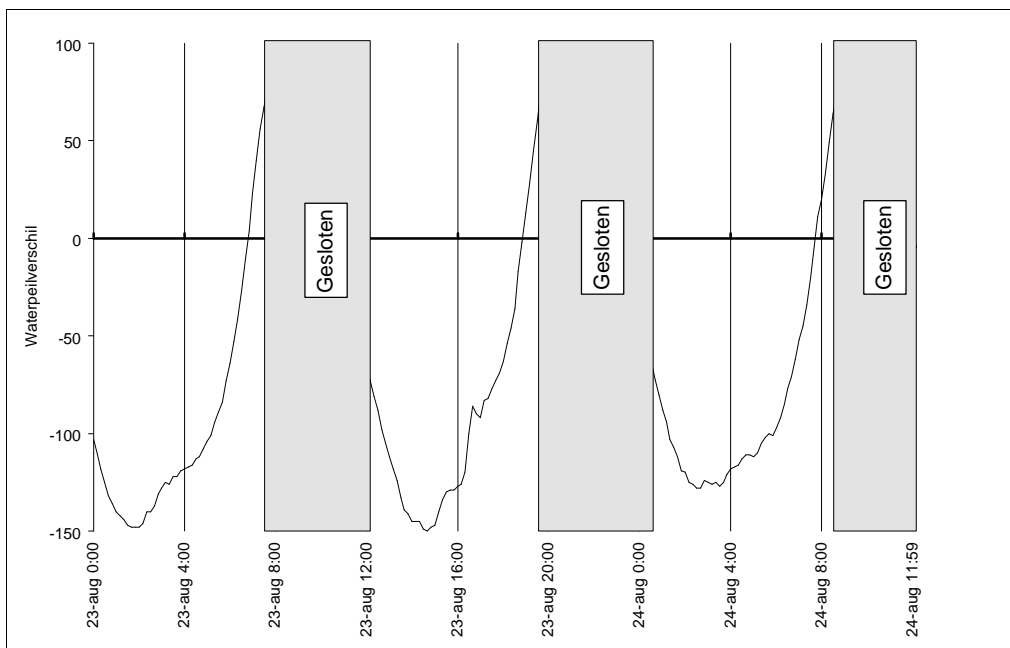
Onderzocht is of de functionaliteit van de visluizen varieert, indien er al dan niet vlak naast de vissluis wordt gespuid. In tabel 1 is te zien dat het netto resultaat van de visverplaatsingen door de visluizen in de richting van de zee is. Voor beide visluizen is verder te zien dat het voor stroomopwaarts zwemmende vis weinig uit maakt of er nu wel of niet in de directe nabijheid wordt gespuid.

Wel is er een zekere trend waar te nemen bij de vis die zich in de richting van de zee verplaatst. Naarmate er meer in de buurt van de vissluis wordt gespuid neemt het aantal negatieve verplaatsingen (richting zee) af. Wellicht wordt de vis afgeschrikt door het nabije geweld door de spuiopening en trekt zich verder terug in de visluizen.

5.2. Invloed van het debiet op de verplaatsing van vis door de vissluizen

In de vorige paragraaf werd duidelijk dat de verplaatsingsrichting alleen, onvoldoende informatie biedt om te besluiten dat stroomopwaarts migrerende vis gebruik maakt van de vissluizen. In de figuren 9 t/m 12 is de snelheid waarmee de vis zich door de vissluizen verplaatst uitgezet tegen het waterpeilverschil (figuur 9 en 10) en de lengte van de vis (figuur 11 en 12). Voor de bepaling van het waterpeilverschil tussen de zee en het Haringvliet, is gebruik gemaakt van de gegevens van de waterstanden in Stellendam (buiten) en Hellevoetsluis. Er moet rekening worden gehouden met het feit dat het station bij Hellevoetsluis ca 7 kilometer stroomopwaarts ligt ten opzichte van de Haringvlietdam. Dit houdt in dat het peilniveau aldaar, afwijkt van het niveau vlak achter de dam. Dit is het gevolg van het pseudo-getij dat in het Haringvliet heerst. In figuur 18 is met een getrokken lijn het niveauverschil weergegeven met daarin de perioden dat de spuiopeningen zijn gesloten. Volgens deze gegevens zouden de sluisen pas sluiten als het zeeniveau al ver boven dat van de rivier zou staan. Niettemin is, bij gebrek aan beter, gebruik gemaakt van de waterstanden bij Hellevoetsluis. Hiermee is verklaard waarom in figuur 9 en 10 waarden zijn af te lezen bij een waterpeilverschil van >-12 cm. Omdat het waterpeilverschil toch een relatieve maat is maakt dit voor de resultaten niet veel uit, zodat verder geen correctie heeft plaatsgevonden.

In alle figuren (9 t/m 12) is te zien dat naarmate het zeeniveau daalt, meer vis zich in de richting van de zee verplaatst. De spreiding is relatief groot, omdat de vis op en neer door de vissluis blijft zwemmen. Echter, doordat het water sneller naar de zee stroomt naarmate het tij afneemt, zal niet de zwemsnelheid maar wel de absolute verplaatsing ten opzichte van de vissluis verder afnemen (negatiever worden). In tegenstelling tot de wat op en neer zwemmende zoetwatervis, is het zwempatroon van stroomopwaarts migrerende vissen te

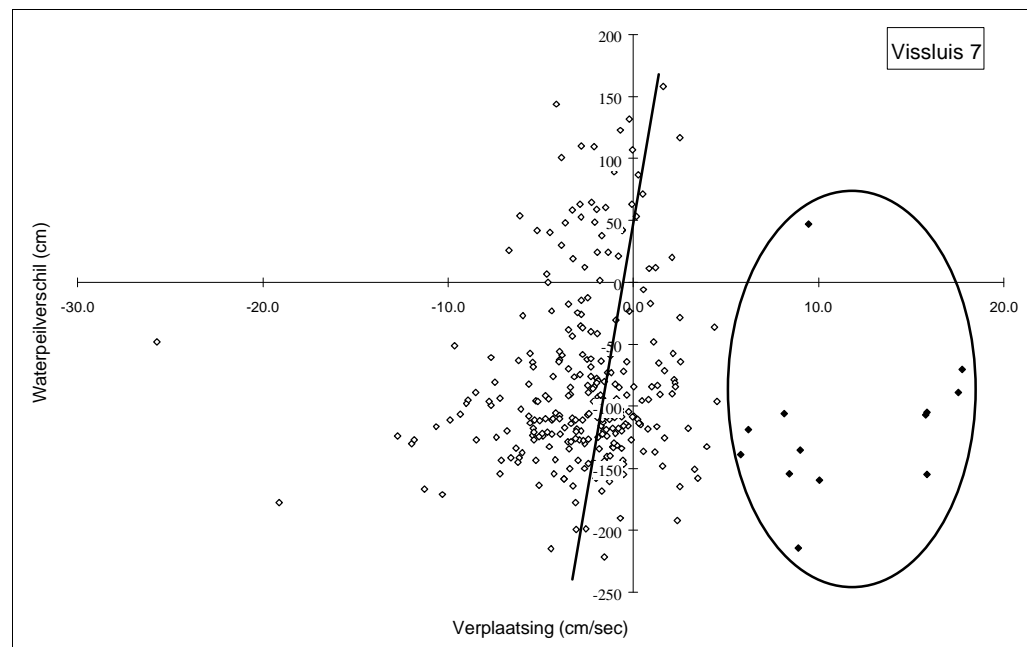


Figuur 18. Het waterpeilverschil (getrokken lijn) en de perioden dat de sluisen zijn gesloten (blokken). Het waterpeil verschil tussen Stellendam en Hellevoetsluis blijkt niet maatgevend voor het openen van de sluisen.

herkennen aan een snelle en doelgerichte passage van de barrière.

Een groep waarnemingen die betrekking kan hebben op stroomopwaarts trekkende vis, is in figuur 19 met een omcirkeling aangegeven. Deze groep valt in het bijzonder op als het beeld van vissluis 7 wordt vergeleken met dat van vissluis 1, waar de vissen zich (gemiddeld per uur) maximaal 5 cm/sec in stroomopwaartse richting verplaatsen. De vraag is nu waarom er bij vissluis 7 wel en bij vissluis 1 geen intrekende vis wordt waargenomen. Het antwoord hierop is gelijktijdig een extra aanwijzing dat we hier daadwerkelijk te maken hebben met vissen uit zee die de rivier op trekken. Migratie vanuit zee wordt, voor zowel anadrome vissen (stekelbaars, zeeforel, zalm) als van catadrome vissoorten als (glas-) aal (Tesch, 1983; Smith, 1985), aangezet door met name;

- c scherpe temperatuurovergangen,
- c springvloedperioden en/of
- c een grote rivierafvoer



Figuur 19. De groep die zich door een hoge gemiddelde zwemsnelheid onderscheidt, is omcirkeld. De rechte lijn geeft de trend aan waarlangs zoetwatervis in toenemende mate richting zee verplaatst onder invloed van het afgaande tij.

De waarnemingen die zijn omcirkeld blijken alle op 31 augustus en 1 september te zijn gedaan. Dit zijn de enige dagen tijdens het onderzoek, dat er sprake is geweest van een hoge afvoer. De totale spuiopening is in deze periode tot 20 maal groter geweest dan in de tijd dat de overige waarnemingen zijn gedaan. Er mag daarom worden aangenomen dat de waarnemingen, die in de omcirkeling staan, betrekking hebben op optrekkende vis, die is aangezet door de grote afvoer.

5.3. Gemiddelde lengte van de waargenomen vis.

De lengtebepaling van vis is afhankelijk van veel factoren, zoals in § 3.3.2 is beschreven. In de opzet van dit onderzoek kon geen rekening worden gehouden met een belangrijke

voorwaarde om een optimale lengtebepaling te doen. De beste metingen worden uitgevoerd met behulp van echo's, die weerkaatsen van de zijkant van de vis. De geluidsbundel is echter noodgedwongen in de lengterichting van de vissluis geplaatst, en loopt hierdoor evenwijdig aan de stroomrichting van het water en de zwemrichting van de vis. Het gevolg is dat de nauwkeurigheid minder wordt en dientengevolge de spreiding in de metingen, groter. De gemeten waarden wijken in zekere zin af kunnen van de werkelijke waarden. Niettemin zijn de metingen een goede relatieve maat om gegevens onderling te vergelijken.

Het verloop in de gemiddelde lengte van de vis, die door de vissluizen is gepasseerd, is tamelijk beperkt. Alleen in vissluis 7 (figuur 14) is na 3 september een zekere stijging waar te nemen.

5.4. Viswaarnemingen in relatie tot het moment van de dag.

Het verdelen van de gegevens over de uren van de dag geeft inzicht in een eventuele dagelijkse periodiciteit. Hieruit kan worden afgeleid op welk moment van de dag de vissluizen het best functioneren. Dit kan eventueel nuttige informatie opleveren om de werking van de vissluizen te optimaliseren. Zoals reeds in de voorgaande paragrafen is opgemerkt, heeft meer dan 90% van de waarnemingen betrekking op zoetwatervis, die zich in de vissluizen ophoudt. Het aantal waarnemingen dat als optrekkende vis kon worden geïdentificeerd was te gering om op een mogelijke periodiciteit te onderzoeken. De resultaten van de overige (zoetwatervis) waarnemingen worden hieronder besproken.

Het aantal waarnemingen per uur in figuur 15, laat zien dat in beide vissluizen, de meeste visactiviteit in de vroege morgen en de avond plaatsvindt. Rond middernacht is de activiteit minimaal. Bij eerder onderzoek op een vergelijkbare locatie bij de Afsluitdijk (Kemper, 1993), werd in het vroege voorjaar een zeer consequente periodiciteit waargenomen waarbij de hoogste activiteit rond middernacht lag en tot een minimum terugliep tot in de middag. In het najaar werd op deze locatie geen enkele periodiciteit waargenomen. De voorjaarsperiodiciteit wordt algemeen waargenomen, in tegenstelling tot wat in de vissluizen in de zomer werd waargenomen. Een verklaring hiervoor kan niet worden gegeven. Tenslotte komt in deze figuur het verschil in activiteit tussen vissluis 1 en vissluis 7 nog eens duidelijk naar voren. Zoals reeds in § 4.1 is opgemerkt, wordt de veel hogere activiteit in vissluis 1 geweten aan het feit dat veel vis gebonden is aan de oever.

Voor wat betreft het verloop van de gemiddelde verplaatsing en de lengte, is er in vissluis 7 geen enkel verband te vinden met het moment van de dag. Bij de verplaatsing in vissluis 1, is te zien dat er in de middag het sterkst tegen de stroom in wordt gezwommen. De verplaatsing is in deze periode het minst negatief, wat aangeeft dat de vis zich minder in de richting van de zee verplaatst. Hoewel het verloop in de lengte in vissluis 1, een zekere periodiciteit vertoont, is er geen enkel verband met de periodiciteit in de verplaatsing, te leggen. Wel is enige overeenkomst waar te nemen tussen de periodiciteit in het aantal waarnemingen en de gemiddelde lengte in vissluis 1. In perioden dat het aantal waarnemingen toeneemt is de gemiddelde lengte van de vis ook groter.

5.5. Aanvullende waarnemingen.

De fuikvisserij in vissluis 1 heeft niet meer opgeleverd dan twee palingen. Ook het reinigen van het observatieraam heeft weinig resultaat opgeleverd. Hoewel er viswaarnemingen konden worden gedaan was het doorzicht van het water zeer beperkt.

6. CONCLUSIES

- C Aangenomen kan worden dat de vissluizen daadwerkelijk worden gebruikt door optrekkende vis uit zee. Een duidelijke aanwijzing hiervoor is een groep snel optrekkende vis in de richting van de rivier, gedurende een aantal dagen met hoge afvoer.
- C De onderzoeksperiode was te kort en de variatie in de afvoer te beperkt om de optrek; a) te kwantificeren, b) onderscheid tussen vissluis 1 en 7 aan te geven en c) dagelijkse periodiciteit te bepalen.
- C Het onderzoek werd bemoeilijkt doordat beide vissluizen tijdens het onderzoek in hoofdzaak werden bezocht door zoetwatervis. Aangenomen wordt dat het vis betreft, die vanuit het Haringvliet, de vissluis opzoekt als schuilplaats.
- C Ook bij hoge afvoer (d.i. groot waterpeilverschil), wordt er door deze vis, op en neer door de vissluizen, gezwommen. Hieruit kan worden geconcludeerd dat de maximale stroomsnelheid door de vissluis goed is aangepast aan de zwemvermogens van de meeste vissen.
- C De netto verplaatsing van deze vis is overigens in de richting van de zee, zodat er sprake is van uitspoeling. Aangenomen wordt dat het een passieve verplaatsing betreft, ten gevolge van de waterstroming.

7. AANBEVELINGEN

Aanbevolen wordt om alsnog na te gaan of er verschil in functionaliteit is tussen de vissluizen 1 en 7. Aangetoond is dat vissluis 7 wordt benut door optrekkende vis vanuit zee. De kans blijft echter bestaan dat in kwantitatieve zin het gebruik van de centraal gelegen vissluizen (pijler 7 en 10) door optrekkende vis, in het niet valt tegen het gebruik van de vissluizen aan de rand van de Haringvlietdam.

In de tweede plaats wordt aanbevolen om enige experimenten uit te voeren die kunnen leiden tot de optimalisering van de vissluizen. Concreet wordt gedacht aan het verhogen van het debiet door de vissluizen. De mogelijkheid bestaat om de opening voor de lokstroom te vergroten van ca 20 cm tot 40 cm. Het verhoogde debiet kan er toe leiden dat het voor optrekkende vis eenvoudiger wordt de ingang van de vissluis te vinden. De stroomsnelheid bij het huidige debiet is dusdanig laag dat zelfs een verdubbeling van het debiet (stroomsnelheid) geen problemen op hoeft te leveren voor optrekkende vis vanuit zee.

8. LITERATUUR

Beek, G.C.W. van, 1994. Visintrek via Haringvlietspuisluizen bij vloedinlaat (onderdeel bij totale rapportage Haringvlietsluizenexperiment). Directie Zuid-Holland Rijkswaterstaat. Bureau Waardenburg b.v. Adviseurs voor milieu en ecologie Culemborg (Nederland): Bureau Waardenburg, 1994. 13 p. : ill. + bijl.

Butterworth, A.J. & A.J.P. Raat, 1991. A feasibility study of the application of hydro-acoustics to assess fish populations in The Netherlands. NRA/OVB Research Report 1991-01.

Clay, C.H., 1961. Fish locks and fish elevators. In: Design of fishways and other fish facilities: 129-156. The department of Fisheries of Canada, Ottawa.

Cazemier, W., 1990. Onderzoeksmogelijkheden naar vis-intrek via de Haringvliet-spuisluizen: een voorstudie. RIVO-Rapport BV 90-01

De Haas, A.W., 1990. Inventarisatie van en verbeteringsplanning voor de fysieke belemmeringen voor de migratie van vis op de grote Nederlandse Rivieren. RWS Dienst Binnenwateren/ RIZA afd Rivieren. DBW/RIZA nota 90.028

Kemper Jan H., 1993a. Onderzoek naar de zoetwatermigratie van bot (*Platichthys flesus*) met sonar apparatuur bij de spuisluizen in Den Oever. Organisatie ter Verbetering van de Binnenvisserij, Nieuwegein. Project RWSF/OVB 1993-01. *OVB-Onderzoeksrapport* OVB 1993-28. 16p.

Kemper Jan H., 1993b. Onderzoek naar de migratie van pelagische vis i.h.b. zeeforel (*Salmo trutta trutta*) met sonar apparatuur bij de spuisluizen in Den Oever. Organisatie ter Verbetering van de Binnenvisserij, Nieuwegein. *OVB-Onderzoeksrapport* RWSFL/OVB 93-31.

Kemper Jan H., 1996. Sonar-onderzoek naar visbewegingen bij de Haringvlietsluizen. Organisatie ter Verbetering van de Binnenvisserij, Nieuwegein. *OVB-Onderzoeksrapport* RWSZH/OVB 1996-18. 14p.

Kemper Jan H. & A.J.P. Raat, 1996. Hydroacoustics in Theodorushaven (The Netherlands). Fisheries management & ecology.

Kolvoort, A.J. & G.D. Butijn, 1990 (red.). Verkenning van de mogelijkheden voor de bevordering van de visintrek via de afsluitdijksluizen. Studie in het kader van het actieprogramma Rijn. RWS Directie Flevoland interne publicatie 1990 16 anw

Love, R.H., 1971. Dorsal-aspects target strength of an individual fish. J. Acoust. Soc. Amer. 49: 816-823.

Riemersma, P., 1990. Vispas Passeerbaarheid van kunstwerken. Deelrapport 1 van de Literatuurstudie Vispassages. Organisatie ter Verbetering van de Binnenvisserij, Nieuwegein. **OVB-onderzoeksrapport Sa/OVB 1990-1, sept. 1990, 56p.**

Smith R.J.F., 1985. The control of fish migration. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, New York, Tokyo.

See, D. & P. Vertegaal, 1990. Huidige mogelijkheden voor visintrek via het sluizencomplex te IJmuiden. Projectomschrijving. RWS NH nota ANW/ANV 9002

Tesch F.W., 1983. Der Aal. Biologie und Fischerei. 2. Auflage. Verlag Paul Parey, Hamburg und Berlin. 340 p.

Vanhemelrijk, J.A.M. & A.L.M. van Broekhoven, 1990. Ecologische ontwikkelingsrichting grote rivieren. Aanzet tot kwantitatieve uitwerking van ecologische doelstellingen voor de grote rivieren in Nederland. Publicatie 26 project Ecologisch Herstel Rijn.