

Ministerie van de Vlaamse gemeenschap  
Departement Leefmilieu en Infrastructuur  
*Administratie Milieu, Natuur en Landinrichting*



**INSTITUUT VOOR BOSBOUW EN  
WILDBEHEER**

**Katholieke  
Universiteit  
Leuven**



Afdeling Systematiek en Ecologie der Dieren  
Laboratorium voor Ecologie en Aquacultuur  
Zoölogisch Instituut

**INVENTARISATIE VAN POMPGEMALEN IN HET  
VLAAMSE GEWEST EN PRELIMINAIR  
ONDERZOEK NAAR DE SCHADE VAN DIVERSE  
POMPTYPES OP VISSSEN NA GEDWONGEN  
BLOOTSTELLING**

E. Germonpré, B. Denayer, C. Belpaire en F. Ollevier

Dec. '94

IBW.Wb.V.R.94.21

## DANKWOORD

*Deze studie is tot stand gekomen op basis van een ingenieursverhandeling (INVENTARISATIE VAN POMPGEMALEN IN HET VLAAMSE GEWEST EN EVALUATIE VAN DE SCHADE OP VISSSEN, WAARONDER ANGUILLA ANGUILLA (L.)) van de K.U. Leuven in samenwerking met het Instituut voor Bosbouw en Wildbeheer van de Vlaamse Gemeenschap.*

*Onze erkentelijkheid gaat uit naar de Heer Ir. Vandenabeele van het Bestuur Natuurbehoud en -ontwikkeling (AMINAL), Dienst Waters en Bossen, afdeling Zoetwatervisserij voor zijn logistieke steun. De terreinevaluatie werd uitgevoerd met medewerking van de Heer Simoen, technisch visserijbeambte van West-Vlaanderen.*

*Tevens willen we ook de beheerders en bestuursleden van de diverse Polders en Wateringen - in het bijzonder Dhr. Pattou, Dhr. Desmyttere Dhr. Verbruggen en Dhr. Pyliser - (Polder 'de Moeren' en Polder 'Noordwatering van Veurne'), de Administratie Waterinfrastructuur en Zeewezen, de Technische diensten van de vijf Provincies en de stad Antwerpen danken voor het ter beschikking stellen van informatie en/of hun praktische hulp bij de pompproeven.*

*Door de Heer Hoofdlandbouwkundig Ingenieur-directeur Goderis (Bestuur Landinrichting en -beheer - AMINAL) werd ons eveneens nuttige informatie bezorgd. Verder dank ook aan Dhr. Vandesande en Dhr. De Laet (Pompconstructeurs) voor hun advies.*

*Wetenschappelijke informatie werd naast de hulp van diverse bibliotheken van de K.U. Leuven bezorgd door het Waals onderzoekscentrum te Gembloux, het Museum voor Midden-Afrika in Tervuren en de wetenschappelijke bibliotheek in IJmuiden (Nederland).*

*Tenslotte ook dank aan de diverse vertegenwoordigers van de adviescommissie voor hun commentaar bij het nalezen van dit werk.*

# INHOUDSOPGAVE

Dankwoord

Inleiding

|   |      |
|---|------|
| HOOFDSTUK 1 : VISMIGRATIE   | p.1  |
| HOOFDSTUK 2 : POMPEN EN POMPGEMALEN   | p.4  |
| 1. De centrifugale pomp   | p.4  |
| 2. De axiale pomp of schroefpomp  | p.6  |
| 3. De vijzelpomp  | p.8  |
| 4. De dompelpomp  | p.9  |
| 5. De hevelpomp   | p.10 |
| 6. Vergelijking van een pomp met een turbine  | p.11 |
| HOOFDSTUK 3 : VISSCHADE DOOR POMPGEMALEN  | p.12 |
| A. THEORETISCHE BESCHOUWINGEN VAN VISSCHADE EN -MORTALITEIT   | p.12 |
| 1. Oorzaken van vissschade en -mortaliteit door pompgemalen   | p.12 |
| 1.1. Schade door botsing van vis met mechanische onderdelen   | p.12 |
| 1.2. Vissschade door snelheid van het water   | p.15 |
| 1.3. Vissschade door drukeffecten   | p.16 |
| 1.4. Besluit  | p.18 |
| 2. Vergelijking van de bouwwijze van diverse pomptypes in relatie tot visbeschadiging                                   | p.19 |
| 3. Predicties aan de hand van modellen  | p.19 |
| 3.1. Het Von Raben Model  | p.20 |
| 3.2. Het Monten Model   | p.21 |
| B. PROEVEN TER BEPALING VAN VISSCHADE EN -MORTALITEIT DOOR POMPGEMALEN OP DE RIVIEREN VAN HET VLAAMSE GEWEST.           | p.22 |
| 1. Vissschade door een schroefpompgemaal  | p.23 |
| 1.1. Beschrijving van het gemaal en het aangrenzende gebied   | p.23 |
| 1.2. Resultaten   | p.23 |
| 1.3. Bespreking aan de hand van fotomateriaal   | p.23 |
| 2. Vissschade door een vijzelpompgemaal   | p.24 |
| 2.1. Beschrijving van het gemaal en het aangrenzende gebied   | p.24 |
| 2.2. Materiaal en methoden  | p.25 |
| 2.3. Resultaten   | p.26 |
| 2.4. Bespreking van de proefopstelling en de resultaten   | p.29 |
| 2.5. Algemene besluiten   | p.32 |
| 2.6. Vergelijking van de proef op de 'Sint-Karelsmolen met een voorafgaand onderzoek op het vijzelpompgemaal 'De Seine' | p.33 |

|  |             |
|--|-------------|
| <b>3. Visschade door een centrifugaalpompemaal</b>                             | <b>p.34</b> |
| 3.1. Beschrijving van het gemaal en het aangrenzende gebied                    | p.34        |
| 3.2. Materiaal en methoden   | p.34        |
| 3.3. Resultaten  | p.35        |
| 3.4. Bespreking van de proefopstelling en de resultaten                        | p.37        |
| 3.5. Algemene besluiten  | p.40        |
| <b>4. Vergelijking van de schadelijkheid van de 3 types pompen</b>             | <b>p.41</b> |
| 4.1. Visschade en -mortaliteit in een vijzelpomp- en centrifugaalpompmaal      | p.41        |
| 4.2. Vergelijking tussen een schroefpompmaal en een centrifugaal- en vijzemaal | p.43        |

|   |             |
|---|-------------|
| <b>C. VERGELIJKING VAN DE RESULTATEN MET POMP-<br/>PROEVEN UIT HET BUITENLAND</b> | <b>p.44</b> |
|---|-------------|

|   |             |
|---|-------------|
| <b>HOOFDSTUK 4 : DE INVENTARISATIE VAN DE<br/>POMPGEMALEN OP DE RIVIEREN VAN HET VLAAMSE<br/>GEWEST</b> | <b>p.47</b> |
| <b>1. Het karteren en verwerken van de gegevens</b>   | <b>p.47</b> |
| <b>2. Bespreking van de resultaten</b>  | <b>p.49</b> |

|   |             |
|---|-------------|
| <b>HOOFDSTUK 5 : POMPGEMALEN EN SCHADE AAN DE<br/>VISSEN : JURIDISCHE-BELEIDSMATIGE, ECONOMISCHE<br/>EN TECHNISCHE ASPECTEN</b> | <b>p.53</b> |
| <b>1. Juridische aspecten</b>   | <b>p.53</b> |
| <b>2. Economische aspecten</b>  | <b>p.54</b> |
| <b>3. Technische aspecten</b>   | <b>p.55</b> |
| 3.1. Het saneren van bestaande pompgemalen via het<br>aanleggen van vispassages en het omleiden van vis                         | p.55        |
| 3.2. Visvriendelijke(r) pompgemalen   | p.56        |
| <b>4. Pompgemalen en de relatie tot het integraal waterbeheer</b>   | <b>p.61</b> |

|   |             |
|---|-------------|
| <b>BESLUIT EN SAMENVATTING<br/>BIBLIOGRAFIE<br/>BIJLAGE</b> | <b>p.62</b> |
|---|-------------|

## Inleiding

Samen met Nederland wordt een groot deel van Vlaanderen - in tegenstelling tot de meeste van de ons omringende landen - gekenmerkt door zijn lage ligging. Aanvankelijk, voornamelijk vanaf de 17<sup>de</sup> eeuw werd land gewonnen door indijking en bemaling via windmolens en windmotoren. Deze bouwwerken waren kleinschalig, haalden een zeer laag toerental en zeer lage debieten. In 1622 e.v. legde Wensel Coeberger de Moeren tussen Veurne en Hondschote droog. Dit gebeurde door 20 wind-aangedreven-vijzelpompen. Hiervan blijft nog de 'Saint-Charles' (St.-Karelsmolen) over. Bij een windsnelheid van 4 beaufort haalde deze vijzel een snelheid van ongeveer 20 toeren per minuut. Veel later echter werden de windaangedreven pompen vervangen door modernere elektrisch gevoede pompen van verschillende types. Deze pompgemalen regelen het peil van de waterlopen en de watertafel.

Recentelijk werd vastgesteld (DENAYER EN BELPAIRE, 1992b ; GERMONPRÉ, 1993) dat die pompgemalen gezien hun werking in belangrijke mate schade aan vissen aanrichten onder vorm van kwetsuren en mortaliteit bij passage van het pompemaal. Tevens kunnen ze vispopulaties isoleren, en vormen ze een hindernis bij migratie.

Dit werk wil de problematiek van de impact van pompgemalen op de visstand schetsen. Een toelichting bij de migratie en verplaatsing van onze zoetwatervissoorten en een overzicht van de werking van de verschillende pomptypes is hierbij aan de orde. Proefondervindelijk werk én literatargegevens maken het mogelijk de diverse types te evalueren op hun bij vissen aangerichte schade. Een inventarisatie van 130 pompgemalen van het Vlaamse Gewest was mogelijk dank zij de samenwerking met alle bevoegde waterbeheerders. Een aantal prioritaire saneringsmaatregelen worden voorgesteld.

Dit preliminair onderzoek dient in de toekomst vervolledigd en geconcretiseerd te worden. In een eerste fase werd hiervoor een adviescommissie opgericht, waarbij de leden behoren tot provinciale en gewestelijke overheidsstructuren inzake water-, natuur-, of visstandsbeheer. De oorspronkelijke ontwerptekst werd door de commissieleden aan een evaluatie onderworpen. In een volgende fase worden concrete projecten uitgewerkt met het daarbij behorend en noodzakelijk uit te voeren onderzoek. Eén van deze projecten zal eerdaags uitgevoerd worden en bestaat uit de evaluatie van een lichtschermbaan ter preventie van visinname door het pompemaal 'Veurne-Ambacht' te Nieuwpoort. Belangrijk hierbij blijft de planmatige en sitegebonden aanpak, vermits de ene terreinsituatie behoorlijk kan afwijken van de andere. Ook hier zal overleg met de betrokken instanties onontbeerlijk zijn. Tevens dienen noodzakelijke beleidsbeslissingen inzake onderzoek, sanering van bestaande pompsystemen en juridische maatregelen door de bevoegde minister genomen te worden.

## HOOFDSTUK 1 : VISMIGRATIE

Sommige vissoorten hebben in de loop van hun levenscyclus verschillende verblijfszones. Deze zones worden onderscheiden in (1) een reproductiezone, (2) een opgroeizone voor de juvenielen en (3) een zone voor opgroei tot geslachtsrijpheid.

Indien deze zones niet overlappen dan moeten vissen in de loop van hun levenscyclus migreren van de ene naar de andere zone. Komen de drie zones voor in zoet water dan spreekt men van holobiotische migratie, terwijl amfibiotische migratie een trekbeweging is van een zoet- naar zoutwater milieu of omgekeerd. In dit geval spreekt men van een katadrome migratie waarbij een soort die in zoet water opgroeit zich in zee gaat voortplanten of een anadrome migratie als een in zee vertoevende soort onze rivieren optrekt om zich in het zoete water te reproduceren.

Andere redenen voor verplaatsing en trekbeweging zijn : het zoeken naar voedsel, een wisselend winter- en zomerverblijf naast het - afhankelijk van het levensstadium - wisselend leefmilieu (COECK *et al.*, 1991), en de vlucht voor of het ontwijken van verontreinigingen (BELPAIRE, 1991b).

Migrerende vissoorten vertonen een grote verscheidenheid in hun verschillende cycli. Het verschil in migratiegedrag en migratietijdstip kan enorm variëren. Niet alle vissen trekken op dezelfde periodes en bij de ene vissoort is de migratieperiode kort en bij de andere veeleer uitgesmeerd over een aantal maanden. De reproductiezones verschillen alnaargelang de soort. Voor sommige soorten situeert de reproductiezone zich in zee, voor andere soorten in continentale zoete wateren. Hier treden dan nog verschillen op alnaargelang de reproductiezone zich op de boven- of de benedenlopen van een rivier bevindt. Bijkomend stellen verschillende migrerende vissoorten eisen aan het paaisubstraat (grind- of kiezelbedden, grof zand, weilanden...).

Naast de trek van typische 'echte' migratoren (zalm, paling, elft, fint, steur, rivierprik...) verplaatsen in feite zowat alle vissoorten van stromend water zich in min of meerdere mate. Grote afstanden worden afgelegd door de beekprik, beekforel, vlagzalm, barbeel, kopvoorn, serpeling, sneep, alver, snoek, winde en dit in tegenstelling tot karper, zeelt, brasem, baars, snoekbaars, blankvoorn, die eerder kleine afstanden afleggen (COECK *et al.*, 1991).

De achteruitgang van migrerende vissoorten kan, zoals trouwens voor alle vissoorten, in de eerste plaats toegeschreven worden aan de slechte waterkwaliteit en de verregaande degeneratie van het biotoop in het algemeen en het specifieke paabiotoop. Vluchtreacties naar bijrivieren en grachten bij een tijdelijke verontreiniging van het water zijn vaak onmogelijk vanwege kleppen of verlandingen. Fysische barrières op de migratieroutes, veroorzaakt door sluizen, stuwen en pompgemalen, vormen dikwijls onoverbrugbare belemmering voor migrerende vissoorten.

In het Vlaamse Gewest worden poldergebieden en laaggelegen gebieden alsook sommige afwateringsstelsels van beken en rivieren bemalen met pompen. Vermits bij veel pompgemalen geen vispassagemogelijkheden werden voorzien, vormt een pompemaal, wanneer ze niet in werking is, een "muur" voor migrerende vissoorten. Volledige hydrografische stelsels kunnen hierdoor geïsoleerd worden. Treedt de pomp in werking dan kan de vis wel passeren, maar de passage gebeurt niet altijd zonder 'slag of stoot' zodat heel wat vissen de doorgang niet halen en sterven, of een zodanige wonde oplopen dat ze hun paaigebied niet meer bereiken. De levenscyclus wordt aldus drastisch verstoord en kan niet meer volledig doorlopen worden wat een bedreiging betekent voor de overleving van een soort.

Van de om en bij 60 vissoorten welke nog in het zoete water van het Vlaamse Gewest kunnen voorkomen, zijn er 15 soorten met een uitgesproken migratiegedrag tijdens hun levenscyclus.

Verschillende grote migratoren zoals steur, elft, houting, marene, zeeprik en zalm zijn uit onze grote rivieren verdwenen. Structurele belemmeringen op de waterlopen tezamen met een verloedering van de waterkwaliteit lijken hier de voornaamste oorzaken.

◆ Eén van de laatste steuren werd in 1916 op de Schelde gevangen. Dit exemplaar was 3 m en werd op de markt van Leuven verkocht (POLL, 1945).

◆ In het begin van deze eeuw was het voorkomen van elft, fint en houting nog zeer algemeen o.a. op de Schelde. Op deze soorten bestond er toen nog een belangrijke en bloeiende visserij. De fint trok vanuit de Wester- en de Oosterschelde de Antwerpse dokken en de dokken van Kallo op. Kleine individuen worden vandaag door hengelaars nog regelmatig gevangen (med. R. Yseboodt, provinciale visserijcommissie Antwerpen). De andere twee soorten zijn in Vlaanderen naar alle waarschijnlijkheid volledig verdwenen.

◆ Voor de terugkeer en het herstel van de Atlantische zalm in de Ardense rivieren leverde het Waalse gewest reeds heel wat inspanningen door het opstellen van kweekprogramma's, het terugzetten van de soort en het wegwerken van structurele barrières (aanleg van vistrappen op de Maas en grote Ardense rivieren). Zalmen afkomstig van dit project (Saumon 2000) werden ook in Vlaamse waterlopen (o.a. het Albertkanaal) waargenomen (VERREYCKEN *et al.*, 1990).

◆ Typische brakwatervissoorten (harder, zeebaars, etc...) zijn in Vlaanderen sterk teruggedrongen door (1) de bouw van zeesluizen en (2) het simultaan met de insluiting verdwijnen van de typische brakwatertransitiezone in de estuaria.

◆ Van een aantal euryhyaline en/of migrerende soorten (spiering, koornaarvis, puitaal, ansjovis, sprot, haring, kleine zeenaald, zeebaars, horsmakreel, zandspiering, brakwatergrondel, schol, schar, bot, tong, glasaal, paling, harder, rivierprik) werd recentelijk bekend dat zij terug op de Schelde ter hoogte van Doel voorkomen (MAEBE, 1992). Waarschijnlijk is de iets verbeterde waterkwaliteit aan de Benedenschelde hier niet vreemd aan. Knelpunten voor deze populaties zijn echter nog (1) het inzuigen van grote hoeveelheden vis(larven) ter hoogte van de aanzuigopeningen van de kerncentrale van Doel en andere waterintrekkende industrieën en (2) de slechte waterkwaliteit van de Schelde stroomopwaarts Antwerpen die een normale stroomopwaartse migratie zal tegenhouden.

◆ De natuurlijke beekforelpopulaties zijn in Vlaanderen grotendeels verdwenen. Nochtans resten er nog enkele relictpopulaties. Het Instituut voor Bosbouw en Wildbeheer heeft als actieplan een herintroductie van beekforel op sommige stromende wateren zoals de Kleine en de Grote Gete. Fysische obstructies (vooral stuwen) vormen ook hier naast de suboptimale waterkwaliteit, de overbevissing en het ontbreken van aangepaste paaizones de voornaamste belemmeringen voor het herstel van deze soort.

◆ De snoek heeft een nogal ruime verspreiding in Vlaanderen. In polderwaterlopen vertegenwoordigen de zijgrachten uitwijkzones voor deze vissen bij verontreinigingen, tenminste als die grachten niet verland zijn. Snoeken planten zich voort in het voorjaar op geïnundeerde graslanden. Het inperken van overstroombare gebieden rond rivierstelsels reduceert de voortplantingsmogelijkheden bij snoek en dit weerspiegelt zich in een drastische achteruitgang van dit roofvissenbestand.

◆ Voor Vlaanderen is de paling een belangrijke vissoort, waarvan nochtans recentelijk aangetoond werd dat zij gezien de noodzakelijke migratieactiviteit in Vlaanderen veel problemen ondervindt, en dit op verschillend vlakken, namelijk (1) belemmerde migratie van glasaal ter hoogte van de zeesluizen, (2) stuwen, drempels, pompen, sluisen, kleppen bij de opwaartse migratie van de jonge stadia naar de opgroeigebieden, (3) verlande zijgrachten

---

tijdens de opgroeperiode die enerzijds beletten de paling andere fourageergebieden op te zoeken en anderzijds vluchtmogelijkheden bij tijdelijke waterverontreinigingen uitsluiten, (4) pompen en kruisnetvisserij die de volwassen schieraal belemmeren ongehinderd zeewaarts te migreren. Naast maatregelen op het vlak van het biotoopherstel en waterkwaliteitssanering dient voor deze migrerende vissoort bijzondere aandacht geschonken te worden aan het toelaten van een onbelemmerde migratie (DENAYER EN BELPAIRE, 1992a).

Wat betreft de andere migratoren bij de vissen verplichten de grote verscheidenheid in levenscycli, migratiegedrag en migratietijdstip tot het incalculeren van duurzame totaaloplossingen om de met uitsterven bedreigde migrerende vissoorten te redden. Het openstellen van migratieroutes, minstens op bepaalde tijdstippen van het jaar, en het bereikbaar maken van de reproductiezones vereist een beleidsmatige aanpak waarbij ook naast sanering van de waterkwaliteit en herstel van het biotoop, fysische barrières, waaronder pompgemalen, systematisch moeten voorzien worden van afweer- en passagesystemen. In de tweede instantie komen visvriendelijke(r) pompsystemen in aanmerking welke de visschade beperken.



## HOOFDSTUK 2 : POMPEN EN POMPGEMALEN

Voor de waterpeilbeheersing worden pompgemalen ingezet. De hoogte van de waterstand van waterlopen in (hoofdzakelijk) poldergebieden wordt gecontroleerd en aangepast. In een pompgemaal kunnen verschillende types pompen gebruikt worden : hieronder volgen een aantal mogelijke pomptypes.

### 1. De centrifugale pomp

Een aantal onderdelen van een centrifugaalpomp zijn voorgesteld in fig. 2.1. Foto 6 (bijlage) geeft een idee hoe de pomp er uitziet. De onderdelen van een centrifugaalpomp zijn :

1. het **slakkehuis**
2. de **schoepenwaaier**
3. de **aandrijfas**
4. de **distributeur** (facultatief) vergemakkelijkt watertoevoer door pré-rotatie.
5. de **diffuseur** of demper (BERGHMANS, 1990).

Het water wordt, omwille van een drukverlaging veroorzaakt door het roteren van de schoepen (2), aangezogen in het slakkehuis (1) langs axiale weg. Het verwerkte debiet  $Q$  bij een centrifugaalpomp, zal, naast het toerental hoofdzakelijk bepaald worden door de straal van de schoepenwaaier en de grootte van de ingang. Door de centrifugaalwerking wordt het water in de radiale richting weggeslingerd.

De schoepen (2) op het rad zijn meestal geconstrueerd als cirkelsegmenten. Er zijn 3 schoepvormen mogelijk die resulteren in een open, halfopen en gesloten rad (fig. 2.2). Een gesloten rad bestaat uit 2 schijven waartussen de schoepen verborgen zitten. De schoepen zijn dan in zijaanzicht van het rad niet zichtbaar. Een open rad heeft slechts één schijfvormig lichaam waarop de schoepen zitten. De schoepen zijn in zijaanzicht wel zichtbaar (WHEATON, 1977). Het aantal schoepen ligt meestal tussen de 6 en de 12 : dit aantal resulteert uit het feit dat een compromis wordt gezocht tussen enerzijds wrijvingsverliezen (meer schoepen) en anderzijds goede vloeistofgeleiding (minder schoepen). Men gebruikt het liefst achterwaarts gerichte schoepen (zie fig. 2.1), omdat bij voorwaarts gerichte de absolute snelheid van het water te groot is, wat aanleiding kan geven tot aanzienlijke wrijvingsverliezen.

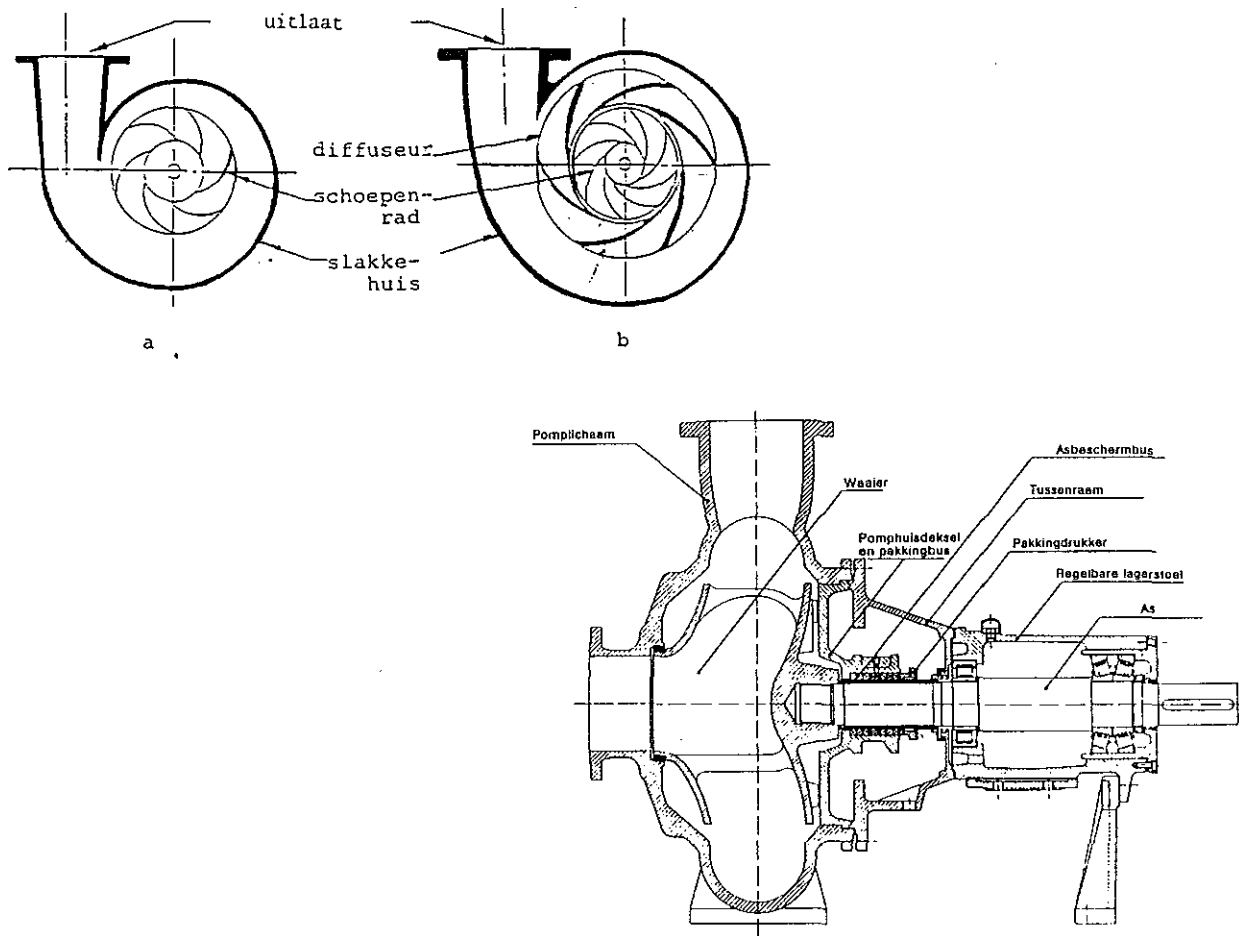


fig. 2.1

(boven) Zidelings profiel door een centrifugaalpom met (b) en zonder (a) diffuseur (BERGHMANS, 1990).

(midden) Overlangse doorsnede (c) doorheen een centrifugaalpom (fig. marktstudie).

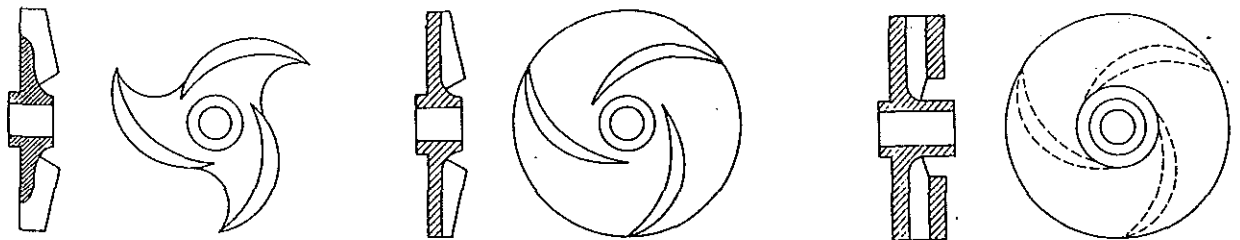


fig. 2.2.

De verschillende soorten schoepenwaaiers die in een centrifugaalpom worden gebruikt. Van links naar rechts : open rad, half open rad, gesloten rad (WHEATON, 1977).

In de demper wordt de stroomsnelheid afgeremd. De demper kan bestaan uit 2 schoepenloze ringvormige schijven, vaak divergerend tot 7 graden, waartussen het water vrij kan bewegen. De snelheid (= kinetische energie) van het water wordt hierdoor omgezet in drukenergie.

Cavitatie treedt op als er lokaal in een pomp een druk aanwezig is in de vloeistof die kleiner is dan de dampspanning die hoort bij de temperatuur van die vloeistof. Een deel van die vloeistof gaat dan plotseling verdampen en vormt dampbellen die met de vloeistof meestromen en terug verdwijnen waar de druk hoger is. Dit zorgt voor drukpulsen, geeft lawaai, en zal slijtage van de pomp teweegbrengen.

De cavitatie kan vermeden worden door :

- de diameter te vergroten en de lengte te verkleinen van de aanzuigleiding
- het verhogen van het aantal schoepen
- het verminderen van de dikte van de schoepen en vergroten van de doortocht aan de in- en uitlaat van de waaier bij pompen met een laag specifiek toerental.
- gebruik van corrosiebestendige materialen
- pre-rotatie van de vloeistof in de distributeur
- bijmengen van lucht bij de aangezogen vloeistof (BERGHMANS, 1990).

## 2. De axiale pomp of schroefpomp

Een axiaal pompsysteem pompt het water op via een schroef die het water naar een hogere drukzone brengt. Bij hoge debieten en lage opvoerhoogte kiest men meestal voor axiale pompen in plaats van centrifugale pompen. Immers, hoe lager de opvoerhoogte en hoe hoger het debiet, hoe groter de binnendiameter en hoe kleiner de buitendiameter van een centrifugaalpomp zou moeten zijn. Dit kan leiden tot constructieve problemen (BERGHMANS, 1990).

De onderdelen en het werkingsprincipe zijn schematisch voorgesteld in fig. 2.3 :

1. zuigzijde
2. perszijde
3. as
4. loopschoepen
5. leischoepen (doel :pre-rotatie)

Foto 1, 2, 3 en 4 (bijlage) geven een beeld van hoe een schroefpomp kan gebouwd zijn.

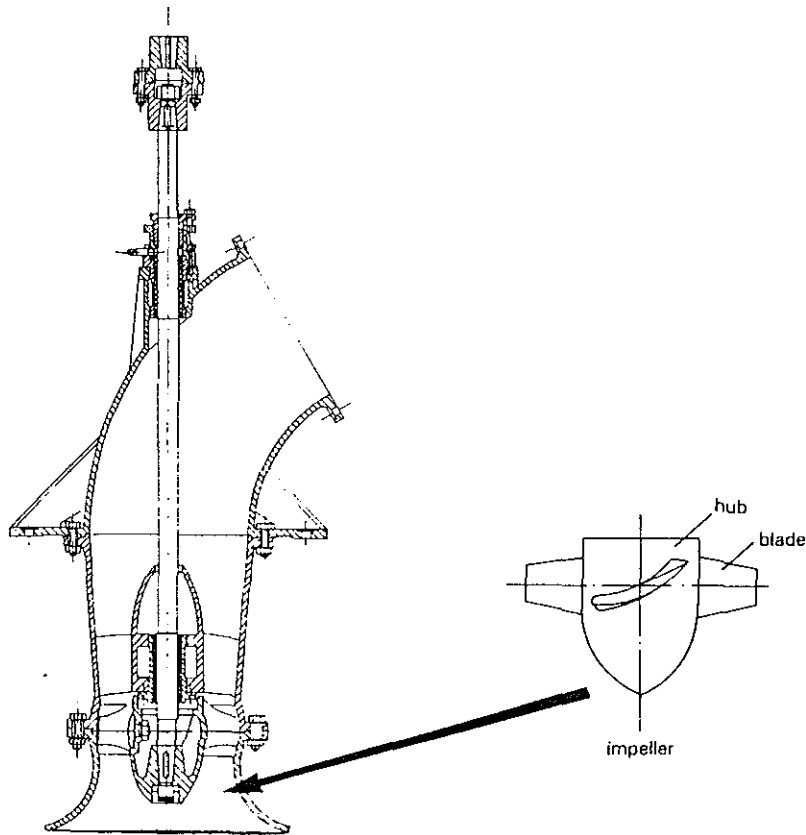


fig 2.3. Doorsnede doorheen een axiale pomp (BURTON EN FRAENKEL, 1986).

Het aantal, de oriëntatie en het profiel van de schoepen bepalen in zeer sterke mate de prestaties van de pomp. Fig. 2.4 geeft een aantal mogelijke bouwwijzen van de schoepen weer. Hoe groter de diameter van de schoepen, hoe trager deze moeten draaien om de cavitatie, die aan de

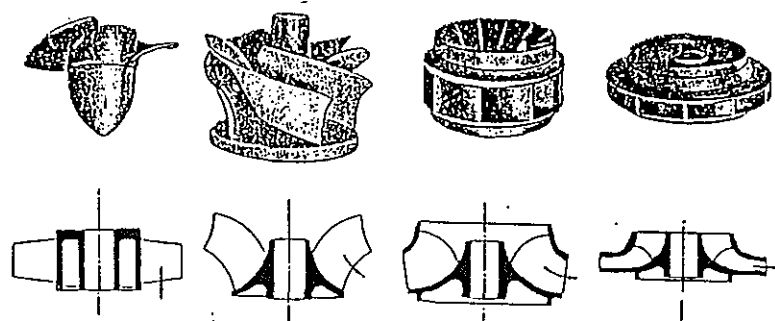


fig. 2.4. De verschillende schoepen die bij een axiale pomp kunnen gebruikt worden (BERGHMANS, 1990).

uiteinden optreedt, te vermijden. Vandaar dat pompen met een grote propellerdiameter trager moeten draaien als pompen met een kleinere propelleromvang. Enkelvoudige axiale pompen kunnen een opvoerhoogte verwezenlijken van maximaal 8 meter (WHEATON, 1977 ; BERGHMANS, 1990).

### 3. De vijzelpomp

Het concept van de Archimedes vijzel dateert nog van vóór de Romeinen en is één van de oudste types pompen. Toch worden vijzelpompen nog heel veel toegepast.

Een vijzel bestaat uit een lange cilinder waarop bladen zijn gelast zoals de draden van een bout (zie fig. 2.5 en foto 12 van de bijlage). De spoed is een maat voor de afstand tussen één denkbeeldig punt op de vijzelrand en een ander denkbeeldig punt op een analoge maar hoger gelegen positie (zie fig 2.5).

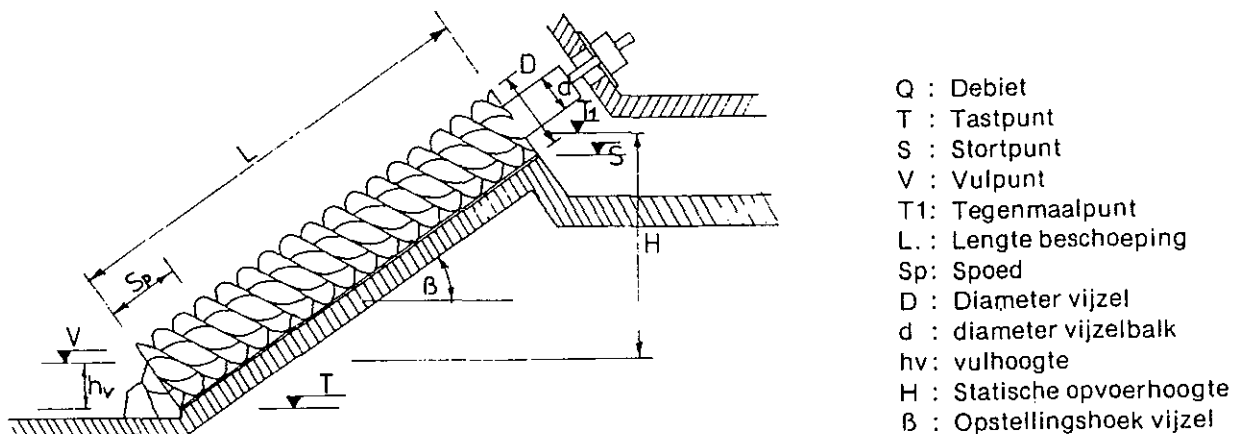


fig. 2.5. Het vijzelpompgemaal met de belangrijkste vijzelkarakteristieken

Voor een grotere opstellingshoek van de vijzel zal de spoed in verhouding met de diameter kleiner worden. In de praktijk is de lengte van de spoed ongeveer de grootte van de diameter van de vijzel. De vijzel heeft een beperkte opvoermogelijkheid en de opstellingshoek van de vijzel kan een helling hebben tussen de 30 en 40°. Het water wordt gevangen gehouden in elke draai van de vijzelrand en wordt naar boven gevoerd. De waterkrul is het volume water, dat tussen twee opeenvolgende vijzelbladen en de opleider wordt vastgehouden. Teruglekkage is

door dit systeem onvermijdelijk, maar door de grote stroomsnelheid is dit te verwaarlozen. De vijzel vertoont de merkwaardige eigenschap dat de (berekende) nominale opbrengst tot 20% kleiner kan zijn dan de werkelijke (hydraulische) opbrengst. De voornaamste reden hiervan is dat de hoogte van het water tussen de twee vijzelranden hoger is in werkelijkheid dan in theorie. Het overtollige water stroomt wel terug via een afvoerbak naar beneden, maar een deel van het water is reeds hoger door de snelheid van de vijzel. De draaiende bladen zullen aan hun omtrek een zekere hoeveelheid water door wrijving mee omhoog brengen. Het groepsrendement (input elektrische energie/output wateropvoer) ligt tussen de 55 en de 65 %. Bij plaatsing van een vijzel zijn er 4 positionele punten waar rekening mee wordt gehouden (zie fig. 2.5).

1. Het tastpunt :            onderste punt onderaan de vijzel.
2. Het vulpunt :             bovenste punt onderaan de vijzel.
3. Het tegenmaaspunt :    plaats waar het water terugkeert.
4. Het stortpunt :         plaats waar het water overloopt bovenaan de vijzel

(MUYSKEN, 1932 ; BURTON EN FRAENKEL, 1986 ; NAGEL EN RADLIK, 1986).

#### 4. De dompelpomp

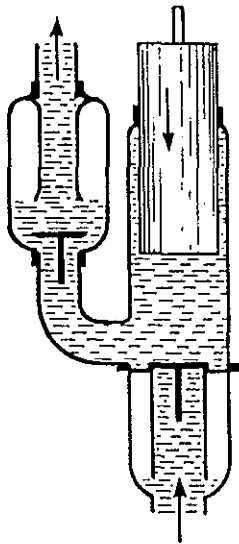


fig. 2.6. Doorsnede doorheen een dompelpomp

Een dompelpomp of sifonpomp is een pomp met een langwerpige behuizing. Het water wordt opgezogen door een op en neergaande beweging van een cilinder. Er komen geen roterende delen voor. Fig. 2.6 geeft een dompelpomp weer. Bij de opgaande beweging van de cilinder opent de onderste klep zich en wordt het water opgezogen. Bij neergaande beweging sluit de klep en wordt het water omhoog geperst (BURTON EN FRAENKEL, 1986). Bemerkt dat de term 'dompelpomp' ook wordt gebruikt voor een in water ondergedompelde pomp, ongeacht het gebruikte type pomp (vb. klokpomp).

## 5. De hevelpomp (fig. 2.7)

Hevelpompen zijn pompen die water aanzuigen zonder bewegende delen. Hun capaciteit is beperkt. In de inlaatpijp heerst een subatmosferische druk, veroorzaakt door een vacuümpomp. De pijp moet volledig luchtdicht zijn. Het hevelen van het water dient steeds te gebeuren van een hoger naar een lager waterniveau. In die betekenis is een hevel niet echt een pomp in de strikte zin van het woord (BURTON EN FRAENKEL, 1986).

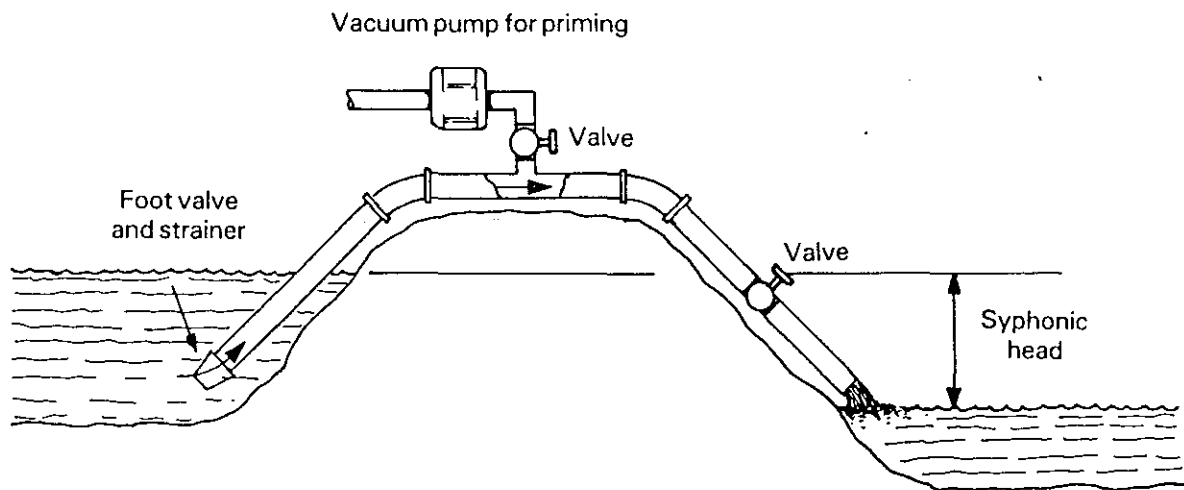


fig. 2.7. Schematische voorstelling van de hevel (BURTON EN FRAENKEL, 1986).

## 6. Vergelijking van een pomp met een turbine

Pompen (schroefpompen en centrifugaalpompen) zijn qua constructie goed te vergelijken met turbines. Vandaar dat het onderzoek (de proefopstelling, materiaal en methoden, en resultaten van mortaliteit en schade bij passage van vissen) met pompen analogie vertoont met de mortaliteitsstudies uitgevoerd op turbines. Er zijn 6 soorten turbines : (1) de kaplan turbine, (2) de bulb turbine, (3) de francis turbine, (4) de pelton turbine, (5) de straflo turbine en (6) de ossenberger turbine (GERMONPRÉ, 1993).

Het grootste verschilpunt tussen pompen en turbines is het feit dat turbines energie leveren door de energie van het verval van het water om te zetten in elektrische energie, terwijl men energie moet investeren in pompen om het water omhoog te brengen.

Bij de gelijkenissen kunnen we volgende zaken vermelden :

- 1) Beide systemen hebben een instroom- en een uitstroomzijde.
- 2) Op de as zitten de loopschoepen. Vooral axiale turbines (kaplan, bulb, straflo) lijken goed op axiale pompen.
- 3) Meestal is er sprake van een heroriëntatie van het water door de leischoppen of door de distributeur.
- 4) Beide systemen kunnen al dan niet gebruik maken van een demper.
- 5) Zowel bij pompen als bij turbines kan er cavitatie optreden.
- 6) Het gebruik van een pomp of een turbine is plaatsgebonden. Het gebruik van een turbine wordt beperkt door hoogte van het verval die de turbine moet overbruggen. Het gebruik van een pomp is beperkt door de opvoercapaciteiten die ze heeft.
- 7) Het toerental van de schoepenwaaier ligt bij kaplan turbines meestal lager dan bij de schroef- of axiale pompen. Francis turbines hebben een vergelijkbaar toerental.
- 8) De naaf van de schoepenwaaier is bij pompen relatief groter dan bij turbines in vergelijking met de totale diameter van de schoepenwaaier (cfr. hfdst. 3).
- 9) De snelheid van het water kan opgedeeld worden in verschillende componenten. De relatieve snelheid  $w$  wordt berekend aan de hand van een snelheidsparallelogram.

De snelheden van het water en de schoepen binnenin de behuizing kunnen geanalyseerd worden aan de hand van een snelheidsparallelogram (fig. 2.8).

Voor het construeren van een snelheidsparallelogram heeft men nodig :

- 1) De snelheid van de schoepen ( $u$ ) m/s. De snelheid is afhankelijk van het toerental en de straal.
- 2) De snelheid van het instromende water ( $c$ ) m/s (radiaal voor francis turbine, axiaal voor kaplan, verkregen door het delen van het debiet door de oppervlakte).
- 3) De hoek die de schoepen maken ( $\beta$ ). Er bestaan  $u/c$  diagramma's indien de hoek ongekend is en afgeleid moet worden.
- 4)  $a$  is de absolute snelheid.
- 5)  $\alpha$  is de instroomhoek (MONTÉN, 1985).

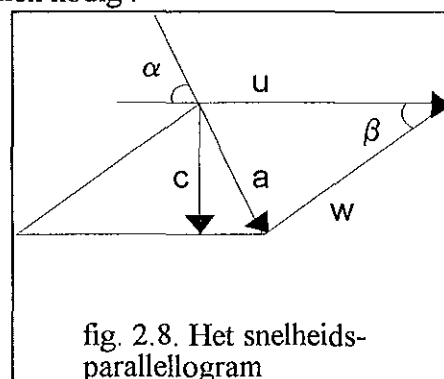


fig. 2.8. Het snelheidsparallelogram



## HOOFDSTUK 3 : VISSCHADE DOOR POMPGEMALEN

Hieronder worden de oorzaken besproken van vischade en -mortaliteit door pompgemalen. Daarbij kan het percentage vismortaliteiten theoretisch berekend worden aan de hand van wiskundige modellen. Tenslotte kunnen veldproeven ter bepaling van vischade en -mortaliteit ons een idee geven van de impact van pompgemalen op rivieren.

### A. THEORETISCHE BESCHOUWINGEN VAN VISSCHADE EN -MORTALITEIT

#### 1. Oorzaken van vischade en -mortaliteit door pompgemalen

De schade op vissen door pompgemalen kan op 3 verschillende manieren veroorzaakt worden : (1) door botsingen van vissen met de mechanische delen van een pompgemaal, (2) door de snelheid en de turbulentie van het water binnenin de pomp en (3) door drukfluctuaties in het water, ontstaan door het aanzuigen van het water. Hieronder worden de verschillende oorzaken en de bijhorende schadeëffecten van pompen op vissen besproken. De schadeëffecten en de oorzaken ervan werden onderzocht bij turbines (literatuurgegevens), maar kunnen eveneens van toepassing zijn op pompgemalen.

##### 1.1. Schade door botsing van vis met mechanische onderdelen

Vissen, opgezogen door een pompgemaal, passeren noodgedwongen de roterende delen van de pomp. Ze kunnen botsen tegen de schoepen, maar ook tegen de eventueel aanwezige leischoepen. Als de lengte van de binnentredende vis kleiner is dan de opening tussen twee leischoepen dan wordt omwille van het stromingspatroon in het water zijn borststuk afgeremd zoals op figuur 3.1 en kantelt de vis over de leischoepen zonder schade te ondervinden. Proeven wijzen uit dat enkel het aantal schroefbladen op de schoepen en niet het aantal leischoepen de vischade verhogen.

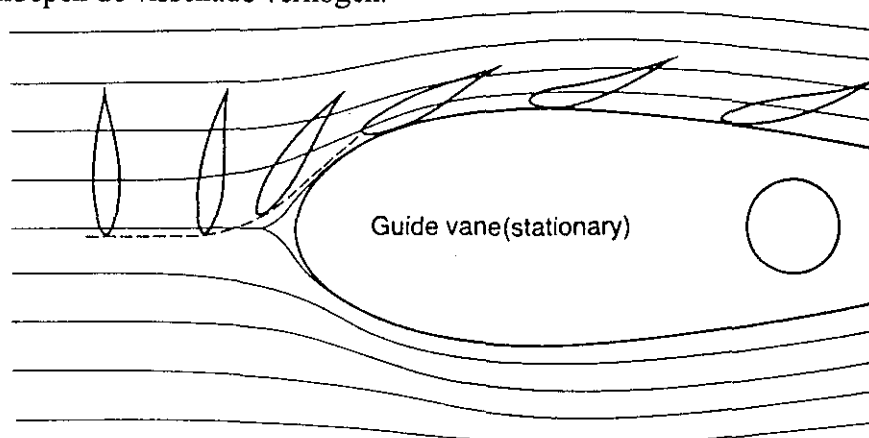


Fig. 3.1. Het botsen van de vis met de leischoepen. De vis wordt niet beschadigd (MONTÉN, 1985).

Centrifugale krachten kunnen de vis tegen de bladen van het schoepenwiel slaan en de vis verwonden. De bladen staan in dezelfde richting als de centrifugale kracht. De vis heeft dezelfde snelheid als de draaiende schoepen. De vis wordt aangezogen met een snelheid gelijk aan  $w$ , zijnde de relatieve snelheid (zie figuur 3.2.) Deze relatieve snelheid wordt berekend door gebruik te maken van het snelheidsparallelogram (cfr fig. 2.8 van hoofdstuk 2).

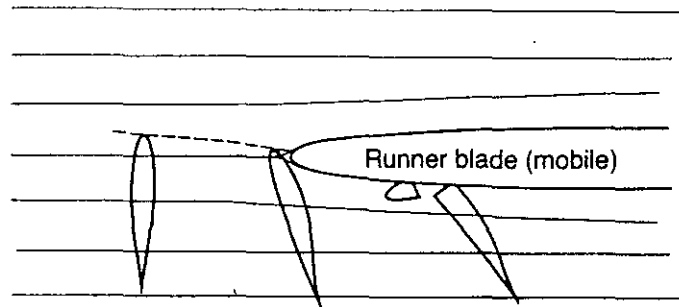


Fig. 3.2. Het botsen van de vis met de loopschoepen. De vis wordt beschadigd (MONTÉN, 1985).

Vissen komen tijdens het transport doorheen het pomphuis voor over heel de lengte van het blad van een schoepen, namelijk zowel in het centrum als in de periferie.

Doordat de schroeven van een pomp bewegen is de vrije passeerruimte voor de vis kleiner dan de absolute afstand tussen de twee bladen (dit is de ruimte die er zou zijn tussen twee bladen als de schoepenwaaier niet zou draaien). De absolute opening tussen 2 bladen wordt gemeten door de omtrek te nemen van een cirkel met een straal die reikt tot het midden van de bladen, en dit te delen door het aantal bladen die op de schoepenwaaier staan. De relatieve opening  $s$  is dan een maat voor de vrije passeerruimte van de vis. De relatieve opening  $s$  hangt af van het toerental (tpm) van het rad. Ook de instroomhoek van het water ten opzichte van de schoepen is bepalend (figuur 3.3).

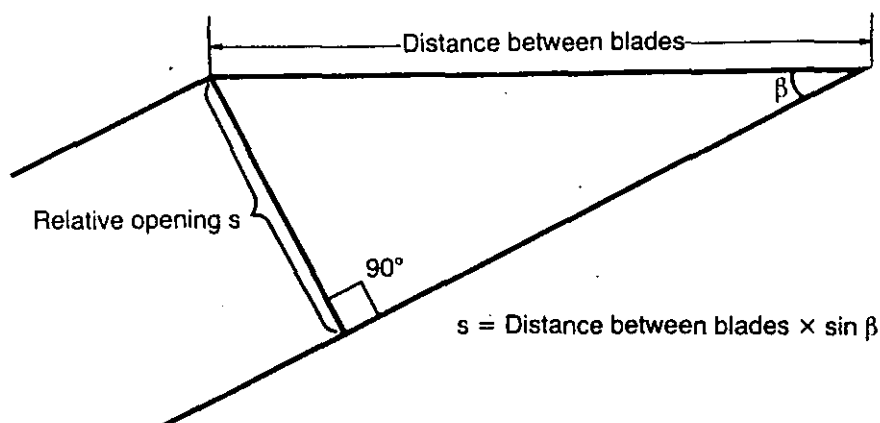
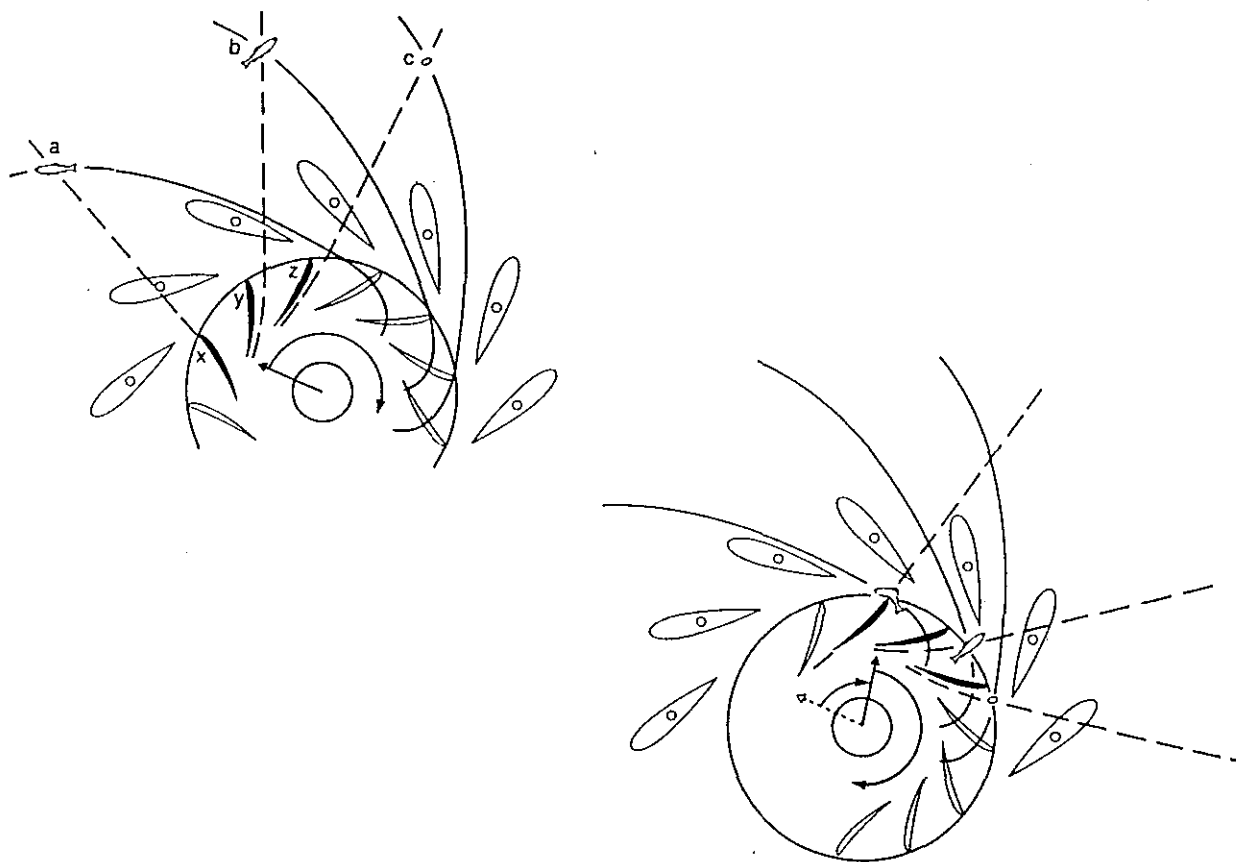


Fig. 3.3 Berekening van de relatieve opening (MONTÉN, 1985)

Wordt het toerental opgedreven dan stijgt de visschade meer dan evenredig omdat de relatieve snelheid stijgt (en de vis sterk 'aangezogen' wordt), en daarnaast ook nog de relatieve opening  $s$  tussen de draaiende bladen daalt.

Een kleine relatieve snelheid  $w$  is voor de vissen gunstig, vermits ze hierdoor minder mechanische schade ondervinden bij botsing met pomponderdelen (zie fig. 3.2). Door een kleine relatieve snelheid bestaat er een kans dat de vis alleen afgeremd wordt door de schoepen en erover kantelt zonder schade. Als de vis groter is dan de opening tussen schoepen en leischoepen is deze kantelbeweging niet mogelijk en wordt hij beschadigd doordat hij geklemd raakt. In figuur 3.4. is vis  $a$  langer dan de relatieve opening tussen twee roterende bladen. Als er slechts een kleine ruimte is tussen de leischoepen en de eigenlijke schoepen van de turbine dan zal de vis niet kunnen draaien en wordt hij beschadigd. Vissen die langer zijn dan de afstand tussen twee bladen maken wel nog een kans als ze binnenkomen zoals in het geval  $c$ . Ook het binnenkomen van vis  $b$  leidt niet tot schade : de vis komt tussen de opening van schoepen  $y$  en  $z$  terecht.



**Fig. 3.4.** De relatie tussen het binnenkomen van de vis en de schade door botsing (MONTÉN, 1985).

Schade op vissen door botsing met mechanische delen van pompen resulteren in zwellingen, decapitaties, kneuzingen, schaafwonden, open snijwonden of een totale vermaling van vissen. De snijwonden zijn meestal loodrecht op de longitudinale as van de vis. De frequentie van

schuine of longitudinale snijwonden neemt af met afnemende hoek (zie fig. 3.5). Insnijdingen met een hoek kleiner dan  $30^\circ$  komen minder courant voor. De relatief variabele oriëntatie van de snijwonden laat vermoeden dat de vis redelijk willekeurig georiënteerd is als ze de leischoppen nadert. Figuur 3.6 geeft de frequentie weer van het voorkomen van wonden. Hoe donkerder de kleur, hoe hoger de frequentie. Vlak na het kopgedeelte (borststuk) is de frequentie het grootst alsook bij de buikvin. De staartvin is vrij van schade (MONTÉN, 1985).

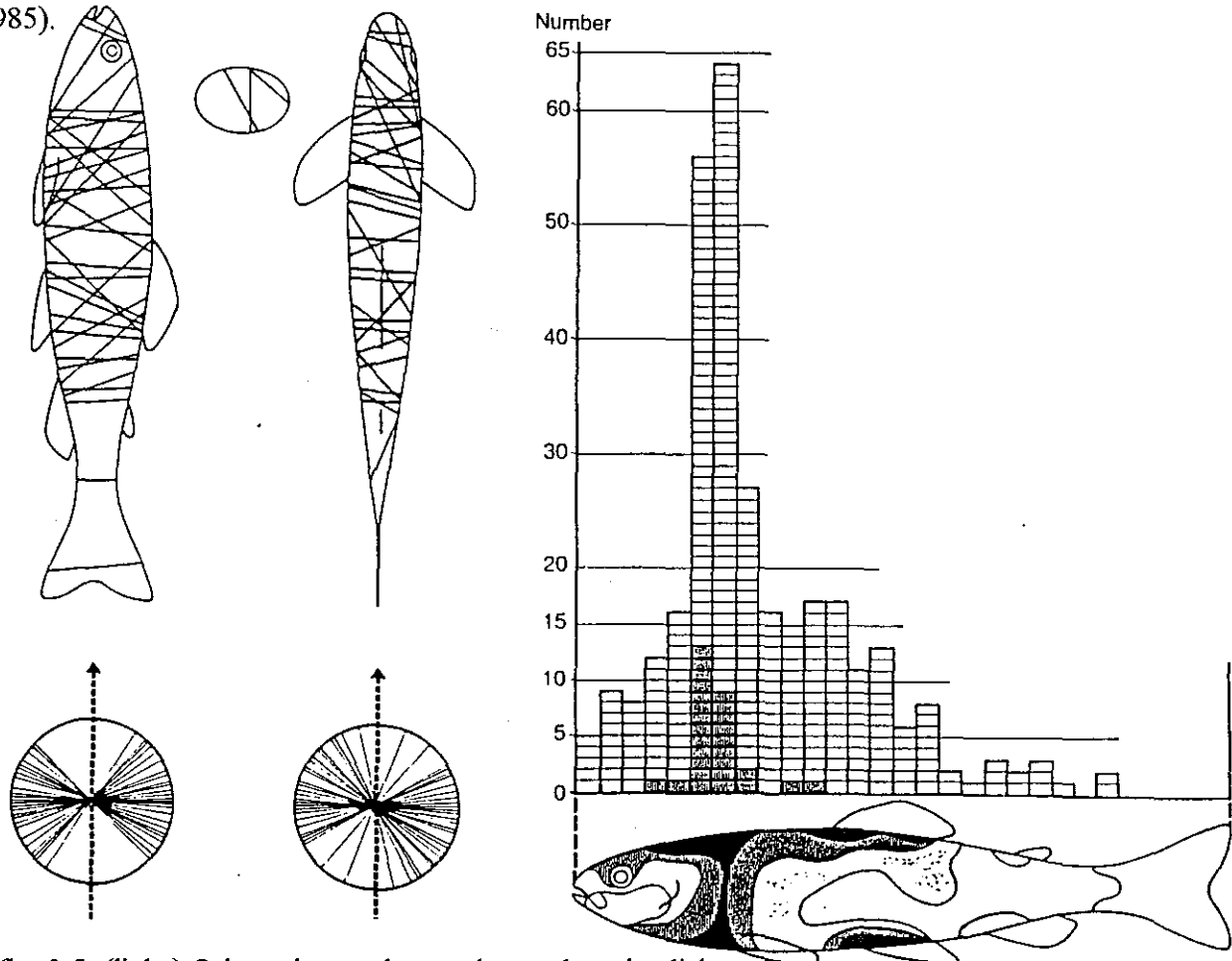


fig. 3.5. (links) Oriëntatie van de wonden op het visselichaam.

fig. 3.6. (rechts) Frequentie van voorkomen van wonden op het visselichaam (MONTÉN, 1985).

## 1.2. Visschade door snelheid van het water

### a) Snelheidsverloop in een pomp

De snelheid binnenin een pomp neemt, gelijkaardig aan het snelheidsverloop in een turbine, enorm toe (figuur 3.7). Bovendien is er overal turbulentie aanwezig (een hoog Reynoldsgetal) zodat de vis rondgeslingerd wordt en zijn controle verliest (MONTÉN, 1985).

### b) Snelheid van vissen en gedrag van vissen op snelheid

Het merendeel van de vissen is in staat om zelfs zeer kleine snelheidsvariaties waar te nemen en ze zoeken de zones op die zij als het ware het prettigst vinden (WARDLE, 1975).

De zwemsnelheid welke door vissen kan ontwikkeld worden, wordt met verschillende termen omschreven alnaargelang de situatie.

- 1) kruissnelheid : snelheid die de vis enkele uren kan aanhouden zonder dat ze er fysiologische last van zou ondervinden (aërobe werking van de spieren).
- 2) aangehouden snelheid : dit kan de vis enkele minuten volhouden maar is vermoeiend.
- 3) sprintsnelheid : snelheid welke slechts zeer tijdelijk en over een beperkte afstand kan aangehouden worden (anaerobe werking van de spieren) (LARINIER, 1987).

Volgens WARDLE (1975) kunnen kleine vissen (10 cm) maximaal een snelheid bereiken van 25 keer hun lichaamslengte/s. Vissen groter dan 1 m blijven beneden de 4\*lichaamslengte/s. Kleine vissen hebben een hogere staartslag frequentie. Toch ondervinden kleine vissen het meest last van de aanzuigstromen aan de inlaat van een pompgemaal. Eveneens hebben watertemperatuur, snelheid van het water, zuurstofconcentraties, de aanwezigheid van toxische stoffen en parasieten invloed op de zwemconditie van de vis.

### c. Schade door versnellingen in pompgemalen

Kneuzingen, schaafwonden, uitgerokken en gescheurde vislichamen komen voor als gevolg van sterke waterkrachten. Er kan een lichte knik van de wervelkolom tot volledige decapitatie optreden.

Het uit elkaar trekken van de vis wordt algemeen in de literatuur aangeduid als 'shearing'. Shearing treedt op als twee watermassa's met een verschillende snelheid voortbewegen. Een specifiek symptoom is de inversie van de kieuwbogen. Als de kieuwbogen openstaan kan de kracht hierop voldoende zijn om de viskop van het lijf af te rukken. (DADSWELL *et al.*, 1986 ; DAVIES, 1988).

## **1.3. Visschade door drukeffecten**

### a) Drukverloop in een pompgemaal

De druk wordt opgebouwd in het inlaatkanaal. Een onderdruk ontstaat bij de schoepen. Bij de uitlaat stijgt de druk opnieuw. Drukveranderingen vinden enorm vlug plaats. Het profiel van het drukverloop bij een turbine wordt weergegeven in fig. 3.7 (DAVIES, 1988). Een analoog verloop kan verwacht worden bij pompgemalen.

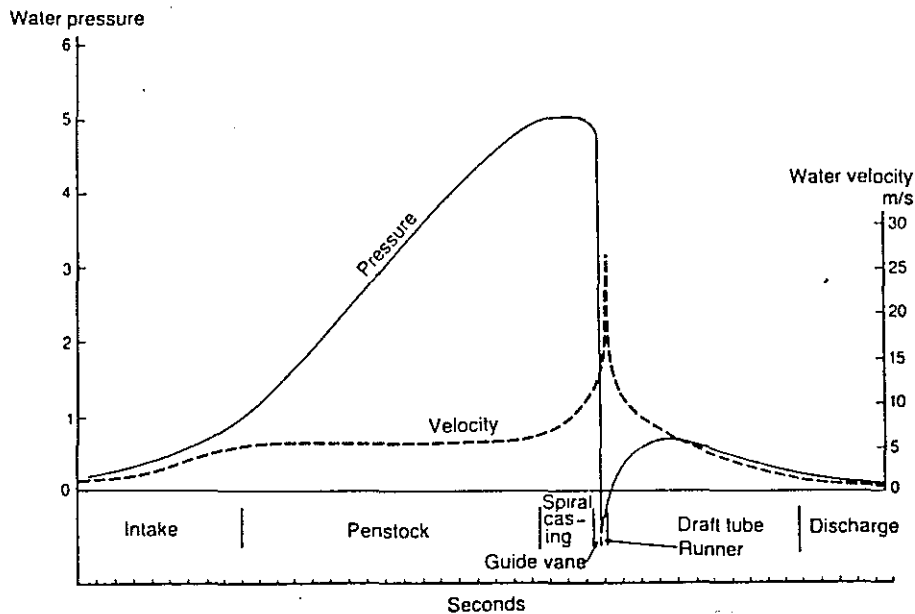


Fig. 3.7 Druk- en snelheidsverloop doorheen een turbine (MONTÉN, 1985)

#### b) Schade van druk op vissen

Door proeven blijkt dat niet de drukverschillen op zich schadelijk zijn maar wel de snelheid van compressie en decompressie (DADSWELL *et al.*, 1986). Tussen 0 en 25°C zal een toename van de druk van 1 tot 1000 atmosfeer slechts een volumevermindering van 3 tot 4 % geven van de lichaamsvloeistoffen. De ruimten die bij vis gevuld zijn met gas, in het bijzonder de zwemblaas kunnen volumeveranderingen ondergaan door vlugge drukfluctuaties. De vis heeft dan niet de tijd om deze te controleren. (DAVIES, 1988). Die controle berust op een gasuitwisseling met de bloedvaten in de zwemblaas. Bij de physostomatische vissen, in tegenstelling tot de physoclisten, staat de zwemblaas in verbinding met de muil waardoor expansie van de zwemblaas ten gevolge van een drukverlaging kan worden vermeden door gasafgifte via de muil. Drukken lager dan de atmosferische kunnen weefselstress veroorzaken in de zwemblaas (Drukwijzigingen worden normaal opgevangen door volumewijzigingen van de zwemblaas volgens de formule :  $dV/V = - dP/P$ ). Bij een drukreductie van 50-60% met een snelheid van 0.9-1 atm/s springt de zwemblaas bij physostomen (LARINIER EN DARTIQUELONGUE, 1989). Andere experimenten tonen aan dat een subatmosferische shift van 0.5 atm bij physostomen en 0.3 tot 0.4 atm bij de physoclisten de zwemblaas vernietigt. Naast het verschil in drukgevoeligheid van physostomen en physoclisten is er ook een verschil ontdekt geweest tussen vissen die wel en vissen die geen zwemblaas hadden. Bij *Salmo* species zag men dat de gevoeligheid groter was bij adulten als bij juveniele vissen. De vroege juvenielen hadden nog geen ontwikkelde zwemblazen. Andere symptomen van drukeffecten zijn het bloeden van de ogen. In het ergste geval is het volledige oog verdwenen of gesprongen. Het oog kan ook ingedeukt zijn.

Vermeld wordt ook de desoriëntatieproblemen bij larven van haring doordat de innerlijke oorstructuren door druk beschadigd zijn (DADSWELL *et al.*, 1986). Haemorragie kan voorkomen om en rond de pectoriale vin en het achterste gedeelte van de wervelkolom.

Het schadelijkst is wel de cavitatie volgens MUIR (1959) en RUGGLES (1981) (vertrouwend op TAYLOR EN KYNARD, 1985). MUIR (volgens DADSWELL *et al.*, 1986) maakte gebruik van een hydraulisch pistool om schokgolven mee op te wekken. Hiermee worden cavitatiefenomenen van een pomp nagebootst. In de vis is er bij cavitatie lokaal een gasexpansie aanwezig. Delicaat weefsel, bijvoorbeeld kleine bloedvaten, zijn bijzonder gevoelig en exploderen. Deze veroorzaakten haemorrhagie, oogkwetsuren en 'pulping' (= verpulverd vlees).

#### 1.4. Besluit

De schade van vissen kan op drie manieren veroorzaakt worden : door botsingen met de mechanische delen van een pomp, door de snelheid en turbulentie van het water en door drukfluctuaties in het water.

##### 1. Schade door mechanische effecten

###### a) Botsing van de vis tegen een mechanisch onderdeel

1. tegen de leischoepen
2. tussen de leischoepen en het wiel
3. op het wiel zelf

MONTÉN (1985) beweert dat de botsing op de leischoepen geen visschade geven. Volgens BELL (1981) kan dit wel leiden tot schade.

###### b) Factoren waarmee de mechanische schade gecorreleerd is :

1. de vislengte
2. het aantal bladen aan het rad
3. de relatieve opening tussen de bladen S
4. de relatieve snelheid w
5. de positie van de vis tegenover de stroming
6. de hoogte en de breedte van de vis
7. spatie tussen leischoepen en rad
8. rotatiesnelheid van de turbine
9. inplantingshoek van de schoepen

##### 2. Factoren waarmee de schade door stroming (snelheid, versnelling, kracht) gecorreleerd is :

1. plotse snelheidsveranderingen
2. een grote relatieve snelheid
3. hoge turbulentie (vooral voor kleine vissen schadelijk)

##### 3. Factoren waarmee de schade door druk gecorreleerd is :

1. de onderdruk door het aanzuigen van de pomp
2. de aanwezigheid van cavitatiezones

[BELL, 1981 (vertrouwend op TRAVADE *et al.*, 1987) ; MONTÉN, 1985 ; TRAVADE *et al.*, 1987 ]

## 2. Vergelijking van de bouwwijze van de diverse pomptypes in relatie tot visbeschadiging

Een aantal technische specificaties en eigenschappen van de diverse pomptypes kunnen ons reeds doen vermoeden dat het ene pomptype een ander schadepatroon zal veroorzaken dan het andere pomptype. Bepaalde bouwconstructies zijn a priori reeds gunstiger voor vispassage.

### - De centrifugaalpomp

De centrifugaalpomp biedt, in tegenstelling tot de schoefpomp meestal een grotere passeerruimte voor de vissen. Voor de centrifugale werking hoeft de schroef niet zo nauw aan te sluiten aan het pomphuis. Extra voordelig is de gesloten schoepenwaaier (fig. 2.2). De vis zal hierdoor veel minder in contact komen met de scherpe randen van de schoepen vermits deze verborgen zitten tussen 2 schijfvormige segmenten : dit kan de kans op beschadiging door direct contact serieus doen afnemen. Nadeliger is de bocht van 90° die het water moet maken juist omwille van deze centrifugale werking. Een ander probleem zijn de drukverschillen binnenin het pomphuis en de snelheid van het water.

### - De vijzel

De vijzelpomp biedt het voordeel een open systeem te zijn. Er komen geen drukfluctuaties in voor zodat bloeditstoringen en verpulvering van het visvlees ten gevolge van cavitatie uitgesloten is. De vissen ondervinden enkel schade door botsing met de vijzelranden en kunnen tevens door de turbulentie van het water beschadigd worden.

### - De schroefpomp

In de schroefpomp kunnen vissen op 3 manieren beschadigd worden : door drukfluctuaties, door botsing met de mechanische delen en door de snelheid van het water. De kans op botsing met de mechanische delen is het grootst bij een schroefpomp in vergelijking met de andere pomptypes, want ...

- (1) de passeerruimte is zeer klein, zeker als de schroef bestaat uit een dens rozet van schoepen en een dikke naaf bevat (foto 4 bijlage),
- (2) indien er leischoepen aanwezig zijn dan is de afstand tussen leischoepen en loopschoepen behoorlijk klein (foto 2 bijlage). Vissen van een bepaalde lengte raken tussen beide delen gekneld
- (3) er wordt vaak een vast kruis in de pomp geconstrueerd, waarlangs de loopschoepen op hoge snelheid draaien (foto 1 bijlage).

## 3. Predicties van visschade aan de hand van modellen

Aan de hand van wiskundige modellen kan men proberen te berekenen wat het beschadigingspercentage zal zijn bij het passeren van vissen door een turbine of door een pomp.



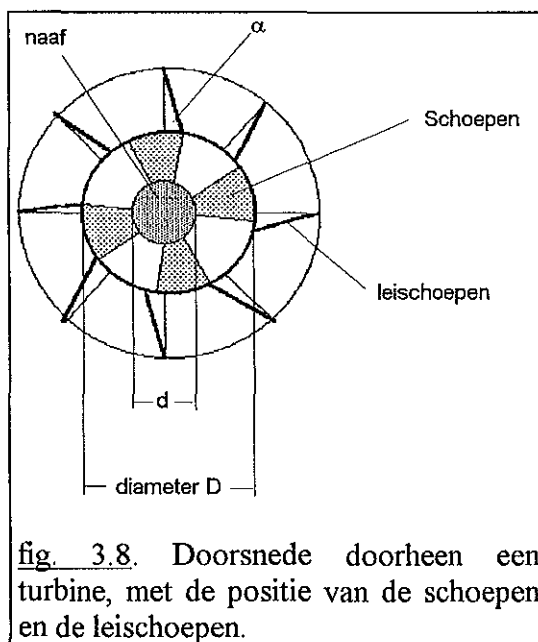
### 3.1. Het Von Raben Model

Het Von Raben Model wordt gebruikt om de schade door botsing met de mechanische delen van een turbine te berekenen. In werkelijkheid kan de schade hoger liggen omdat het model geen rekening houdt met de drukeffecten en de schade veroorzaakt door versnellingen in het water.

Onderstaande formule (zonder bewijs) waarin het schadepercentage wordt berekend, is van toepassing op palingen voor kaplanturbines en propeller turbines afgeleid van de kaplan turbine. De formule geldt niet voor francis turbines (VON RABEN, 1957).

$$B = \frac{v \cdot \pi \cdot a \cdot t \cdot \cos \alpha}{240 \cdot Q} \cdot \left[ D^2 - \left( \frac{649,8}{t \cdot \pi \cdot \cos \alpha} \right)^2 \right]$$

|  |                       |
|--|-----------------------|
| v = de lengte van de vis                                 | [cm]                  |
| cos $\alpha$ = hoek tussen instromende water en schoepen | [dimensieloos]        |
| a = aantal schoepen op de as                             | [dimensieloos]        |
| t = omloopsnelheid van de schoepen per minuut            | [1/min]               |
| Q = debiet   | [m <sup>3</sup> /min] |
| D = diameter van het rad + de schoepen                   | [m]                   |
| B = het percentage beschadiging                          | [dimensieloos]        |



HEMSEN (1960) beweert dat deze formule ook voor schroefpompen van toepassing is als er in de pomp een kaplan-schroef ingebouwd is. Een verschilpunt is dat het water in een pomp wordt aangezogen, in een turbine wordt ze tegen het rad gedrukt. Voor het aanzuigen van het water in de pomp zal daarom een grotere omwentelingssnelheid nodig zijn van de schoepen. Verder vermoedt HEMSEN dat schroefpompen schadelijker zijn dan turbines niet alleen omwille van de grotere omwentelingssnelheid, maar ook omdat de naaf van de schroef veel breder is dan bij turbines en daardoor de vrije ruimte beperkter is. Bij turbines is de diameter van de naaf 1/3 tot 1/2 kleiner dan de diameter van de volledige propeller (+ schoepen). Bij pompen kan de naafdiameter groter dan de helft van de diameter

van de propeller zijn. De radiale snelheid van de schroef is het grootst aan de buitenkant. Halfweg de propeller van een turbine is de snelheid van de schroefbladen veel kleiner, wat gunstiger is voor de vis. Deze openingen zijn halfweg een pompschroef niet aanwezig, vanwege de omvangrijke naaf. Bovendien bevatten pompen onder de propeller, leischoepen die het meedraaien van het water in dezelfde richting van de schoepen van de schroefpropeller zullen verhinderen. De hoek tussen het blad van de propellerschoepen en de leischoepen is  $0^\circ$  (cosinus=1) bij pompen. Tenslotte moet worden opgemerkt dat de leischoepen heel dicht bij de propellerschroef gelegen zijn wat de kans op schade nog extra verhoogt (HEMSEN, 1960).

### 3.2. Het Montén Model

Dit model wordt gebruikt voor zowel kaplan als francis turbines en geeft een probabiteit weer op schade bij vissen door botsing met de mechanische delen van het rad. Vermoedelijk kan ze toegepast worden op schroefpompgemalen.

#### 3.2.1. Opstelling van het model

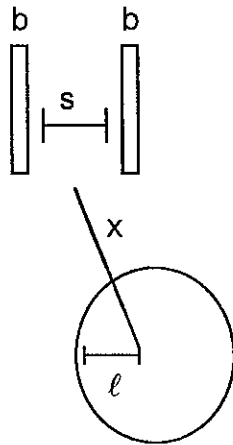


fig. 3.9. Voorstelling van het Montén model.

We stellen de vis voor als een staaf met lengte  $\ell$ . De randen van de schoepen worden voorgesteld door verticale evenwijdige balkjes met breedte  $b$ . De loodrechte afstand ertussen is de relatieve opening  $s$  (relatieve opening : cfr. fig. 3.3). We veronderstellen dat de staven (vissen) random verdeeld zijn. Als één uiteinde van de staaf op afstand  $x$  gelegen is van de balkjes, dan bevindt zich het ander uiteinde zich in een sfeer met straal  $\ell$ . Als  $x$  nu kleiner is dan  $\ell$  dan snijdt een balkje een stuk van de sfeer af. De kans tot botsing is dan  $p(x)$  en is evenredig met de oppervlakte van het segment van de sfeer. De totale kans op botsing wordt dan met de volgende formule gegeven :

$$T = \int_0^{b+s} p(x) dx$$

Omdat de breedte  $b$  van de balkjes te verwaarlozen is ten opzichte van  $s$  lossen we de integraal als volgt op :

opl (1) voor  $\ell \leq s$  geldt  $T = 0.5 \ell/s$

opl (2) voor  $\ell > s$  geldt  $T = 1 - 0.5 s/\ell$

#### 2.2.2. Bruikbaarheid van het model

1) Als  $\ell = s$  dan is de kans op schade 50% bij een touwvormige vis, omdat we voor  $\ell =$  de straal hebben genomen van een sfeer. Veronderstelt men echter een sfeer met diameter  $\ell$  in plaats van straal  $\ell$  dan is de kans op schade 100% als  $\ell = s$ . Een sfeervormige vis met een diameter gelijk aan de relatieve opening tussen de schoepen wordt dan steeds beschadigd. De geometrie van de vissen blijkt dus een invloed te hebben op de schadekans. Bij jonge zalmen bedraagt de hoogte 17 tot 18% van de lengte. Bij aalvormige vissen zoals paling is dit slechts 6%. De afwijking van het touwmodel met in de praktijk een hoger schadekans dan de theoretisch berekende zal toenemen als de vis meer afwijkt van het touwmodel.

2) Opl (2) is niet bruikbaar. De vis zou 3 keer groter moeten zijn dan de opening tussen de schoepen vooraleer de formule zou opgaan. Bovendien moet  $s=0$  om 100% schade te hebben wat niet aanvaardbaar is.

## B. PROEVEN TER BEPALING VAN VISSCHADE EN MORTALITEIT DOOR POMPGEMALEN OP DE RIVIEREN VAN HET VLAAMSE GEWEST

3 pompgemalen werden op visschade onderzocht.

- (1) Het schroefpompgemaal op de Stenensluisvaart te Woumen.
- (2) Het vijzelpompgemaal, de 'St.-Karelsmolen' in de Moeren op de Ringsloot.
- (3) Het centrifugaalpompgemaal, 'Elektriek Zuid' in de Moeren op de Ringsloot.

De ernst van de beschadigingen bij vissen door een schroefpompgemaal werd vergeleken met de aard van de beschadiging bij een vijzelpomp en een centrifugaalpompgemaal. Tevens werden de schadeëffecten tussen vijzelpomp en centrifugaalpompgemaal onderling vergeleken.

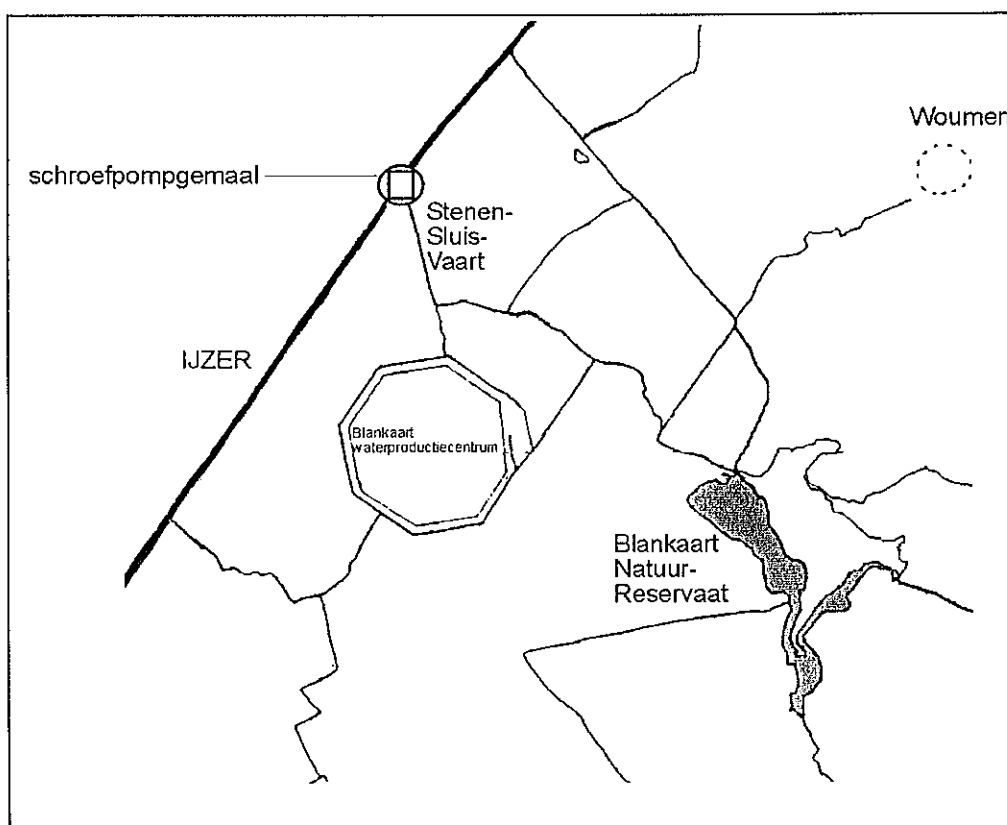


Fig. 3.10. Overzichtskartaal van de lokaliteit van het pompgemaal te Woumen

## 1. Visschade door een schroefpompgemaal

### 1.1. Beschrijving van het gemaal en het aangrenzende gebied

De Stenensluisvaart te Woumen (West-Vlaanderen), stroomt van het natuurreservaatgebied de 'Blankaart' naar de IJzer toe (fig.3.10). Op deze vaart staat een schroefpompgemaal (bijlage foto 14). Het gemaal pompt het water van de Stenensluisvaart in de IJzer. Het pompgemaal wordt beheerd door de Zuidijzerpolder en de Landelijke Waterdienst. In het bouwwerk zijn 2 verticale open schroefpompen geplaatst, elk met een debiet van 60 m<sup>3</sup>/min en een toerental van 500 toeren per minuut. De pompen draaien ongeveer 1479 uren per jaar en werken volledig automatisch.

In het kader van het onderzoek naar de migratie van palingen in het IJzerbekken werden ter hoogte van het pompgemaal op de Stenensluisvaart te Woumen stalen verzameld van migrerende vissen welke blootgesteld waren aan de werking van het schroefpompgemaal. De stalen werden verzameld met een dubbelvleugelige fuik die in het effluentkanaal van het pompgemaal opgesteld werd. De praktijkomstandigheden (hoge waterstanden, werkend pompgemaal bij nacht) lieten niet toe om de visschade op een gecontroleerde en kwantitatieve wijze te bepalen. Daarom worden de op het terrein vastgestelde beschadigingen slechts beknopt kwalitatief besproken.

### 1.2. Resultaten

Tijdens een veldcampagne (oktober 1992) werden gedurende 3 dagen bij verschillende vissoorten beschadigingen waargenomen. De aard van de beschadigingen zijn dermate ernstig dat geen morfometrische gegevens (lengte en gewicht) van de vissen opgemeten werden.

Er werden 4 beschadigde palingen verzameld en 19 beschadigde voorns. Eveneens werd één beschadigde kroeskarper gevonden.

### 1.3. Bespreking aan de hand van fotomateriaal (cfr. bijlage)

Bij een schroefpompgemaal komen er enorm veel decapitaties voor. Uiteraard zijn die decapitaties 100% letaal. Foto 15 geeft een kroeskarper weer waarbij het achterlijf volledig werd afgesneden (links onder). Door het sneldraaiend schoepenrad en de kleine passeerruimte tussen de schoepen worden verschillende voorns onthoofd (foto 15, foto 17, foto 20, foto 18). Eveneens komen plettingen en schaafwonden voor. Op foto 15 (rechts boven) wordt een voorn weergegeven met plettingen en bloedingen aan het staartgedeelte. Ook palingen vertonen kneuzingen en/of schaafwonden. Foto 16 toont een schaafwonde bij palingen. Op foto 17 is het lichaam van de paling halfweg opgezwollen. Foto 19 toont striemen op het lichaam van een paling. Eveneens werd nabij het schroefpompgemaal restanten gevonden van een palinghuid (foto 19 bovenaan). De paling is klemgeraakt tussen de mechanische delen van de pomp en werd gestroopt door de schoepen van de pomp.

Op foto 20 (rechts) worden een aantal voorns gegeven met een gebroken wervelkolom, supplementair komt haemorrhagie aan de (borst)vinbasis voor. De onderste vis of foto 20

(links) kon de schroef nog net passeren maar werd zijdelings zwaar getroffen door het schroefblad. Sommige vissen zijn zodanig zwaar toegetakeld dat identificatie moeilijk blijkt (foto 18 rechtsonder, foto 20 linksboven).

## 2. Visschade door een vijzelpompgemaal

### 2.1. Beschrijving van het gemaal en het aangrenzende gebied

Het pompgemaal 'Sint-Karelsmolen' wordt beheerd door Polder "De Moeren" en draineert de 'Ringsloot Oost' gelegen in de Moeren tussen Veurne (West-Vlaanderen) en de Franse grens. De ringsloot is een waterloop van de tweede categorie. Het gebied (1450 ha) kan door 4 pompen gedraineerd worden (fig. 3.11)

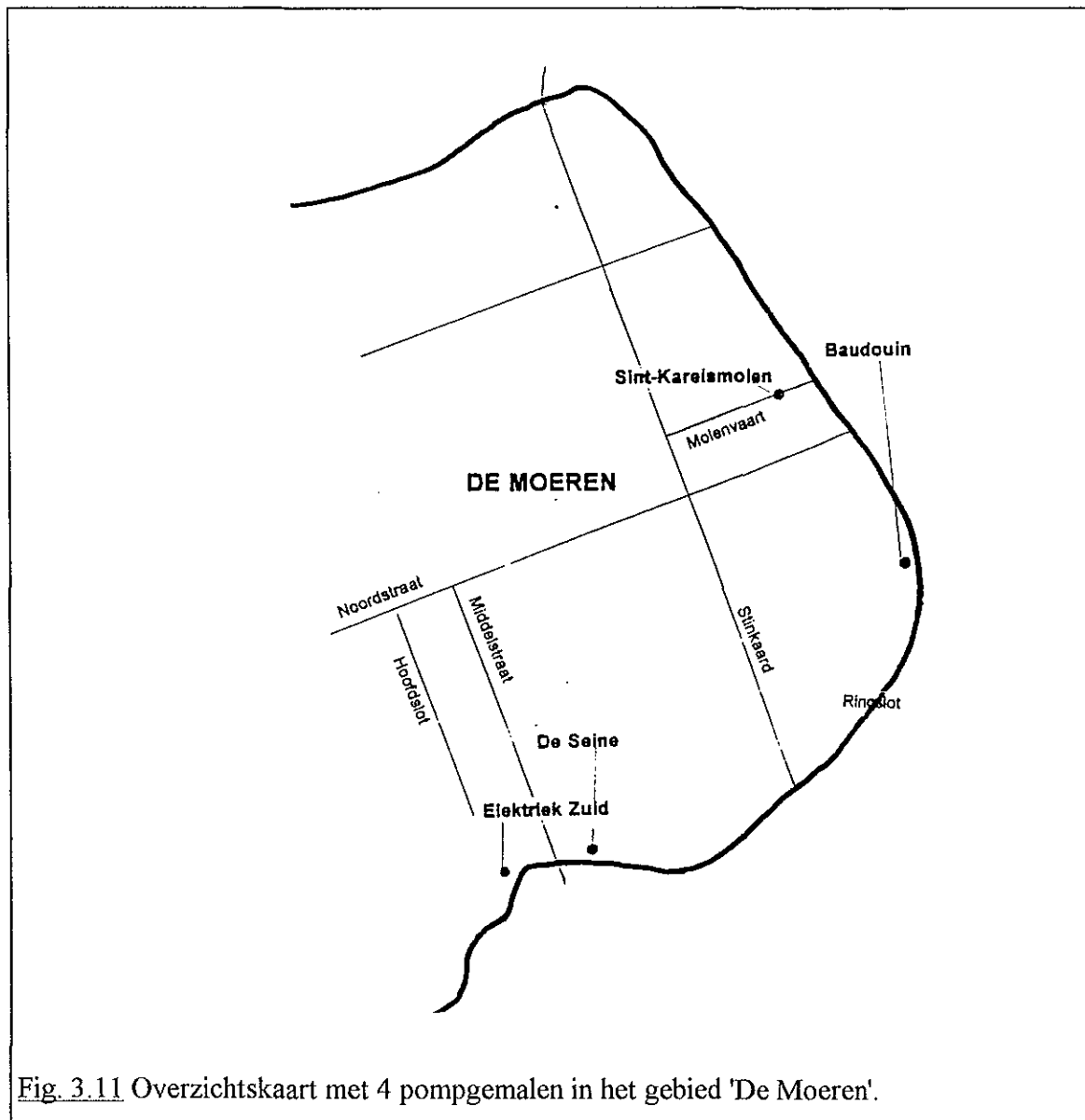


Fig. 3.11 Overzichtskartaal met 4 pompgemalen in het gebied 'De Moeren'.

In de praktijk zijn er meestal 2 pompen in werking : dit zijn 2 vijzelpompen, namelijk 'de Seine' en 'de Karelsmolen'. Bij uitzonderlijk grote wateroverlast worden nog 2 extra pompen (centrifugaaltype) in werking gezet, namelijk 'Baudouin' en 'Elektriek Zuid'. De aanvoersloot naar de Sint-Karelsmolen is gekanaliseerd en verstevigd geweest met betontegels. Deze aanvoersloot zou weinig vis bevatten. In het effluentkanaal staat geen water indien de pomp niet in werking is.

De Sint-Karelsmolen is een oude windmolen (bijlage foto 11). Het binnenwerk werd volledig vernieuwd. Hierin werd een vijzelpomp geïnstalleerd bestaande uit 1 vijzel die elektrisch wordt aangedreven. In normale omstandigheden werkt de pomp volautomatisch. In '89 draaide ze 198 uur, in '90 was dit 347 uur en in '91 was dit 492 uur. De vijzel heeft een capaciteit van 30 m<sup>3</sup>/min. De buitendiameter van de vijzel is 1.45 m, de balkdiameter is 0.75 m. De balklengte is 6.34 m. De balk beschrijft een hoek van 33 graden ten opzichte van de waterspiegel. De statische opvoerhoogte is 2.90 m. De vijzel heeft een omwentelingssnelheid van 39 tpm. Het rendement is 70 procent.

Ter preventie van mechanische schade door drijvend vuil en uit veiligheidsoverwegingen zijn vooraan metalen staven geplaatst. Achter de metalen staven loopt het water onder een betonnen gedeelte van ongeveer 1.5 meter lang. Tenslotte legt het water nog ongeveer 5 meter af onder een houten platform vooraleer ze de vijzel bereikt. Daarna hebben we de eigenlijke vijzel zelf. Het uitstorten van het water gebeurt reeds binnenin het gebouw en het water verlaat tenslotte het gebouw via het afvoerkanaal.

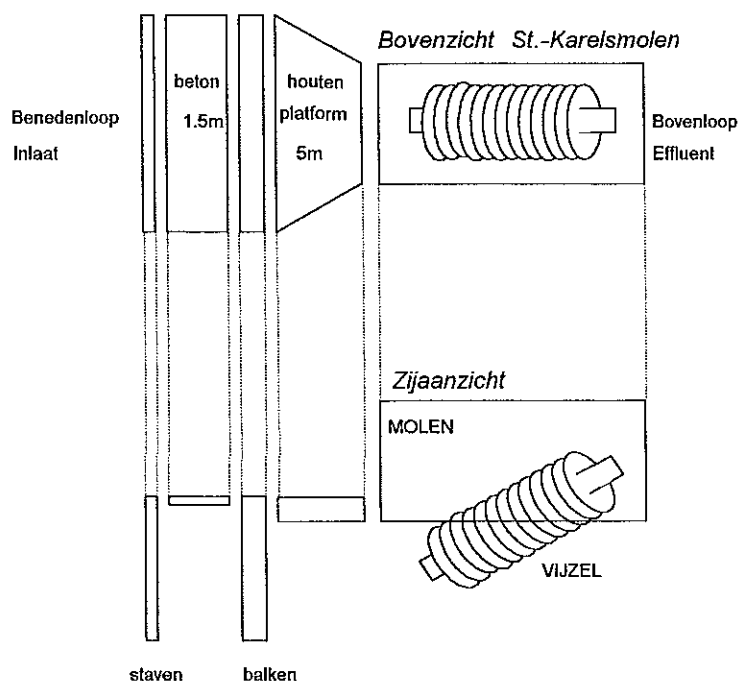


Fig. 3.12. Dwarse doorsnede doorheen het vijzelpompemaal met (boven) bovenaanzicht en zijaanzicht (onder)

## 2.2. Materiaal en methoden

De pomp werd manueel bediend. Tussen het betonnen en het houten platform werd een houten raam gespannen met een afrastering in gaasdraad om de testvissen in de nabijheid

van de vijzel te houden. Het opvangnet bevond zich binnenin het molencomplex vlak na de vijzelbalk (bijlage foto 13).

150 stuks 'kleine' paling (kleiner dan 27 cm) en 150 stuks 'grote' paling (paling groter of gelijk aan 27 cm, maar niet groter dan 37 cm) werden geselecteerd voor de proef. De palingen waren afkomstig uit de teeltinstallatie van het Laboratorium voor Ecologie en Aquacultuur te Leuven. Het transport naar het pompgemaal gebeurde in vierkante transportbakken waarin de grote met water en de kleine palingen zonder water werden vervoerd over een afstand van ongeveer 160 km. Een lot witvis bestaande uit blankvoorn, brasem, baars, karper was afkomstig van een nabijgelegen gracht (Kromme Gracht in Eggewaartskapelle) waar ze met sleepnetvisserij gevangen werden. De visstockage gebeurde de nacht voordien in leefnetten (4m<sup>2</sup> en 1m diep). De witvis werd nadien vervoerd in plastic containers tot aan de plaats van bestemming. Sterk verzwakte vis werd uit de containers gehaald en niet gebruikt voor de proef. De temperatuur van het rivierwater tijdens de proef was 8 °C.

Om de schade, veroorzaakt uitsluitend door het opvangen in de netten, te evalueren, werden 10 gezonde witvissen en 10 palingen in het net achteraan de vijzelpomp geplaatst. De pomp werd in werking gezet en draaide ongeveer een tweetal minuten. Er trad geen beschadiging op. Dan werden er 440 witvissen vóór de pomp ingebracht. Vervolgens werd de pomp opnieuw in werking gezet. De pomp bleef gedurende ongeveer een 5 tal minuten draaien. De vis werd achteraan uit het opvangnet geschept. Dezelfde procedure werd gevolgd voor de 300 palingen en 390 witvissen. De vissen uit het net werden in een bassin met water gestoken, afzonderlijk gewogen en de lengte werd opgetekend. Het wegen van de vissen gebeurde met een elektronische weegschaal (tot op 1 gram nauwkeurig). De lengte werd gemeten op een V-vormige bak met een meetschaal onderverdeeld in centimeters. Vislengte werd gemeten als totale lengte vanaf de kop van de vis, staartgedeelte meegerekend. Bij gedecapiteerde vis werd de oorspronkelijke lengte geschat op basis van de geometrie van de vis. De schade werd visueel geëvalueerd op uitwendige kenmerken. Schubverlies werd niet in beschouwing genomen. Er werd eveneens gekeken naar de mortaliteit bij de in de proef gebruikte vissen.

### 2.3. Resultaten

Er worden 830 witvissen gebruikt voor de proef waarvan er 517 (62.3%) terug worden opgevangen. Van de 150 'grote' palingen worden er 53 (35.3%) terug opgevangen. Slechts één paling is dood en beschadigd, 6 andere palingen zijn enkel beschadigd en de rest is levend en gaaf de pomp doorgeraakt. Van de 150 'kleine' palingen worden er 4 teruggevangen (2.7%). Eén kleine paling is dood en beschadigd. De 3 andere palingen zijn levend en onbeschadigd.

Tabel 3.1. vermeldt beknopt de resultaten van de bij de proeven terug opgevangen vissen. De witvissen worden onderverdeeld volgens de verschillende soorten : baars, brasem, voorn en karper. De grote en de kleine paling wordt als 1 groep behandeld (vanwege het te klein aantal opgevangen paling). De tabel vermeldt het aantal opgevangen vissen (N), de lengte- (in cm) en gewichtsgegevens (in gr.) van de opgevangen vissen en de standaardafwijking van lengte S.D.(L) en gewicht S.D.(G). Eveneens wordt het percentage levende en dode opgevangen vissen gekruist met de factor gaaf-schade. De resultaten worden ook grafisch samengevat in fig. 3.13 en fig. 3.14.

|              | BAARS  |         |      | BRASEM |         |     | VOORN  |         |      | KARPER |         |     | PALING |         |     |
|--------------|--------|---------|------|--------|---------|-----|--------|---------|------|--------|---------|-----|--------|---------|-----|
| N            | 17     |         |      | 21     |         |     | 474    |         |      | 5      |         |     | 57     |         |     |
| min.L        | 6.50   |         |      | 9.00   |         |     | 5.00   |         |      | 10.00  |         |     | 23.00  |         |     |
| min. G       | 3.00   |         |      | 6.00   |         |     | 3.00   |         |      | 16.00  |         |     | 12.00  |         |     |
| max. L       | 12.50  |         |      | 38.00  |         |     | 22.00  |         |      | 12.50  |         |     | 37.00  |         |     |
| max. G       | 16.00  |         |      | 602.00 |         |     | 142.00 |         |      | 42.00  |         |     | 83.00  |         |     |
| gem. L       | 7.79   |         |      | 18.61  |         |     | 9.05   |         |      | 11.70  |         |     | 32.07  |         |     |
| gem. G       | 5.53   |         |      | 109.57 |         |     | 8.40   |         |      | 31.80  |         |     | 50.35  |         |     |
| S.D.(L)      | 1.39   |         |      | 8.19   |         |     | 1.91   |         |      | 0.87   |         |     | 3.17   |         |     |
| S.D.(G)      | 3.14   |         |      | 143.20 |         |     | 10.24  |         |      | 9.11   |         |     | 15.46  |         |     |
| %            | Levend | Mortal. | Σ    | Levend | Mortal. | Σ   | Levend | Mortal. | Σ    | Levend | Mortal. | Σ   | Levend | Mortal. | Σ   |
| Onbeschadigd | 88.2   | 0       | 88.2 | 76.2   | 4.8     | 81  | 55.3   | 32.5    | 87.8 | 80     | 0       | 80  | 86     | 0       | 86  |
| Beschadigd   | 0      | 11.8    | 11.8 | 9.5    | 9.5     | 19  | 0.84   | 11.4    | 12.2 | 20     | 0       | 20  | 10.5   | 3.5     | 14  |
| Σ            | 88.2   | 11.8    | 100  | 85.7   | 14.3    | 100 | 56.1   | 43.9    | 100  | 100    | 0       | 100 | 96.5   | 3.5     | 100 |

Tabel 3.1 Samenvatting van de resultaten van de vijzelpomproef



**Vijzelpompgemaal : Sint-Karelsmolen**

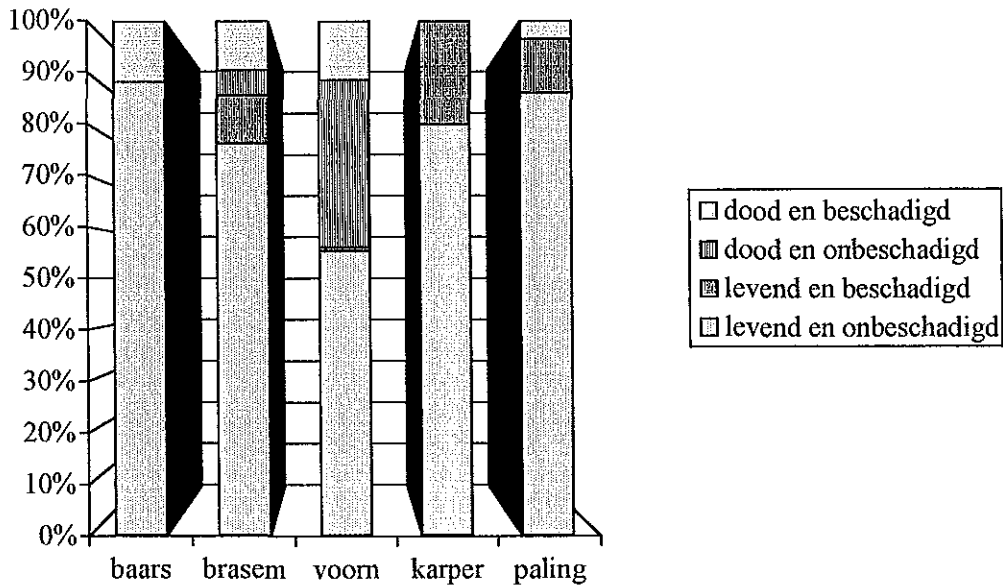


fig. 3.13. Verdeling van vis schade en mortaliteit bij een vijzelpompgemaal

**Vijzelpompgemaal : Sint-Karelsmolen**

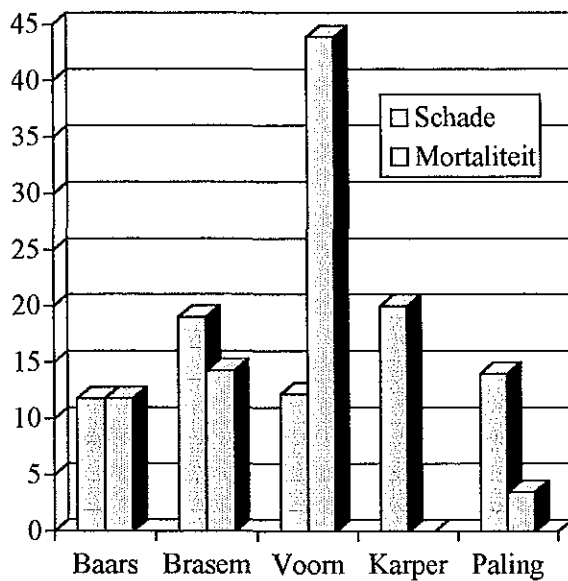


Fig. 3.14. Relatie tussen vis schade en mortaliteit (in %) bij vissen na passage doorheen de vijzel

## **2.4. Bespreking van de proefopstelling en de resultaten**

### **2.4.1. Het transport en voorafgaande manipulatie van vissen**

De palingen ondervinden van het transport van de kweekinstallaties te Leuven naar de pomp te Houtem geen last zodat de proefresultaten (extra mortaliteiten) hierdoor niet beïnvloed worden.

Een aantal witvissen zijn door het vervoer verzwakt. De meest verzwakte exemplaren worden niet voor de proef gebruikt. Vermoed kan worden dat de afname in vitaliteit van sommige vissen de proefresultaten hebben beïnvloed. Door de afname in vitaliteit kunnen vissen minder gemakkelijk de vijzelrand ontwijken zodat de schade en de mortaliteit hoger kan liggen. In het buitenland heeft men bij turbineproeven hetzelfde probleem (GERMONPRÉ, 1993).

Bij de evaluatie van de pompproef wordt schubschade niet in rekening gebracht vermits het voorafgaande transport en manipulatie van de vissen eveneens schubbeschadiging tot gevolg heeft. De oorzaak van schubverlies (transport en/of pompemaal) is hierdoor moeilijk éénduidig aan te wijzen.

### **2.4.2. De opvang en het inbrengen van vissen**

Het aantal opgevangen vissen ligt eerder aan de lage kant in vergelijking met het aantal vissen die voor de pomp worden uitgezet. Er worden 62.3% witvissen terug opgevangen, 35.3 % 'grote' palingen en 2.7% 'kleine' palingen. Verschillende hypothesen kunnen hier ter verklaring geformuleerd worden.

Het kan zijn dat de vissen die niet teruggevonden zijn, allemaal dood zijn en niet opgevangen werden. Bij een vijzel is er steeds een hoeveelheid water die terug naar beneden valt. De vis werd mogelijk door de vijzel meegesleurd en moet dan teruggevallen zijn naar het benedenpeil van het water en daar gezonken zijn tot op de bodem. De schade van de vijzelpomp zou dan veel hoger moeten geweest zijn dan blijkt uit het schadepercentage bij de opgevangen vissen. Dit lijkt eerder onwaarschijnlijk. Er kan hooguit een deel van de niet opgevangen vis beschadigd zijn, maar dan is het nog onwaarschijnlijk dat beschadigde vis bij het terugvallen van de pomp niet opnieuw wordt meegesleurd met de aangezogen waterstroom.

Een andere verklaring is dat vis achteraan aan het opvangnet kon ontsnappen. Vermits het effluentkanaal goed af te stoppen was (dit bleek duidelijk visueel cfr foto 13 bijlage) zullen er hier geen problemen geweest zijn, met uitzondering van de kleine paling die door de mazen van het net kon glippen.

Een laatste verklaring voor de relatief lage terugvangst kan gevonden worden in de inbreng van vissen onderaan de vijzel. Gelijkwaardige problemen worden ondervonden met turbineproeven in het buitenland (MONTÉN, 1985 ; TAYLOR en KYNARD, 1985 ; TRAVADE *et al.*, 1987 ). Het is niet onwaarschijnlijk dat een deel vissen kon ontsnappen tussen het aangebrachte houten raam en de balken aan de inlaatopening. Ook door de bedrading van het houten raam moeten een deel 'kleine' palingen ontsnapt zijn. De grote palingen en het overige deel van de 'kleine' paling waren hoogstwaarschijnlijk weggekropen in de modder op de bodem vlak vóór de vijzel op plaatsen waar de aanzuigstroom van de vijzel niet sterk genoeg is. Palingen kunnen zeer sterke stromingen trotseren door een snelle vluchtreactie (GERMONPRÉ, 1993). Het gedrag van palingen geeft een mogelijke

verklaring dat de heropvang de helft lager lag dan bij de witvis.

### **2.4.3. Beschadigingen en mortaliteit bij witvis en palingen bij doorgang door een vijzelpompgemaal**

Bij karper dienen de gegevens steeds met voorzichtigheid te worden geïnterpreteerd vanwege de restricties van het klein aantal terugopgevangen vissen.

- **De mortaliteit**

De mortaliteit welke bij vissen waargenomen wordt na blootstelling aan de werking van een vijzelpompgemaal, varieert sterk naargelang de soort. Bij paling wordt een geringe mortaliteit waargenomen (3.5%). Bij voorn blijkt de mortaliteit aanzienlijk te zijn en loopt op tot 43.9% van de terug opgevangen testvissen. Baars en brasem vertonen een eerder beperkte mortaliteit, respectievelijk 11.8% en 14.3% van de terug opgevangen testvissen.

- **De schade**

Wat betreft het percentage uitwendig zichtbare beschadiging is er meer éénduidigheid over de verschillende vissoorten dan voor het percentage mortaliteit.

Brasem vertoont het meest beschadigingen (19%), paling komt op de tweede plaats (14%) gevolgd door voorn (12.2%) en baars (11.8%). Schade bij karper (20%) is moeilijk te evalueren vanwege het klein aantal. Het percentage beschadigde vissen onafhankelijk van de vissoorten is gelegen tussen de 10 tot 20%.

Opvallend is dat, hoewel bij palingen het minst aantal doden voorkomen, het schadepercentage op één na het grootst is in vergelijking met andere vissoorten.

- **De verdeling van beschadigde dode vissen en onbeschadigde dode vissen**

Alle dode palingen (3.5%) en dode baarsen (11.8%) vertonen uitwendige beschadigingen (100%). Bij voorn blijkt slechts één vierde van de dode vissen duidelijke uitwendige beschadigingen te vertonen (26%). Drie vierden (74%) van de dode voorns blijken dood te zijn zonder uitwendige schade. Deze mortaliteit is te wijten aan inwendige schade en kan mogelijk deels verklaard worden door een verzwakking van de testvissen tijdens het voorafgaande transport. Bij brasem (66.5%) is de beschadiging in functie van de mortaliteit meer uitgesproken dan bij voorn. Twee derden van de dode brasem vertoont uitwendig zichtbare beschadigingen. Hieruit blijkt dat vooral voorn, en in mindere mate brasem reeds kan gedood worden door de turbulentie van het water in de vijzelpomp.

- **De verdeling van beschadigde levende vissen en onbeschadigde levende vissen**

Bij overlevende voorns kan weinig schade vastgesteld worden. Slechts 1.4% van de overlevende vissen heeft een merkbare uitwendige beschadiging. Ongeveer 11% van de overlevende paling en brasem vertonen uitwendig zichtbare beschadigingen waaraan ze niet sterven. Nochtans is het niet uitgesloten dat op lange termijn de dieren zullen bezwijken aan secundaire infecties, aan een algehele verzwakking of dat ze door een verhoogde kans op predatie geëlimineerd zullen worden. Bij de overlevende baars is er geen beschadigingen opgetreden. Een uitspraak bij karper is vanwege het kleine aantal niet relevant.

- **De verdeling van beschadigde dode vissen en beschadigde levende vissen**  
Bij de beschadigde vissen zijn er 3 tendensen mogelijk naargelang de soort vis.
  - (1) Alle beschadigde vissen zijn dood. Dit is het geval voor baars. Bij voorn is dit, met uitzondering van een klein aantal (7%) ook zo. De beschadigingen zijn dan van die aard dat ze letaal zijn.
  - (2) Er zijn evenveel dode als levende beschadigde vissen (50%). Dit wordt aangetoond voor brasem. Er is hier niet direct een verband tussen beschadiging en mortaliteit.
  - (3) Slechts een gedeelte van de beschadigde vissen is dood. Bij paling is dit één vierde. Paling komt als sterke vissoort uit de proef en heeft grote kans om op korte termijn zijn opgedane verwondingen te overleven. Een uitschieter is karper die alle verwondingen overleeft (mits restricties vanwege het kleine aantal).
- **De verdeling van de onbeschadigde dode en de onbeschadigde levende vissen**  
In het algemeen kunnen we stellen dat uitwendig onbeschadigde vis overleeft. Dit was het geval voor paling en baars, dit is min of meer zo voor brasem. Brasem volgt deze trend gedeeltelijk : slechts een heel klein percentage (6%) sterft door inwendige letsels. Voorn daarentegen volgt deze trend niet : 37% van de onbeschadigde vissen zijn dood. De vissen zijn gestorven aan een inwendig letsel. Brasem en voorn zullen, zoals eerder vermeld, gevoeliger zijn voor de turbulentie van het water. Alle onbeschadigde karpers zijn in leven.

#### **2.4.4. Aard van de beschadigingen**

Bij de baarzen hebben 2 vissen een afgerukt operculum en bij één hiervan ontbreekt het oog. De beschadiging aan de kieuwdeksels bij baars (2 waarnemingen) kan mogelijk verklaard worden door het typisch gedrag van deze vissoort. Als schrikreactie zetten baarzen bij verstoring de kieuwdeksels wijd open. Het is niet onwaarschijnlijk dat ze deze reactie omwille van de turbulentie en het lawaai ook vertonen binnenin de vijzelpomp. Dit maakt de vissen veel gemakkelijker vatbaar voor een beschadigd operculum, vermits de kieuwdeksels kunnen haperen aan de mechanische delen van de pomp. Het aantal gewonde baarzen was echter te klein om deze hypothese sluitend te maken.

Bij brasem overleeft de helft de beschadiging, de andere helft sterft. De vissen die overleven vertonen oppervlakkige schaafwonden (haemorrhagie : 2 waarnemingen) ten gevolgen van het schuren tegen de vijzelrand. De dode beschadigde vissen vertonen ernstige letsels zoals snijwonden en schade aan het operculum (telkens één waarneming).

De schade bij karper beperkt zich tot vinschade, wat niet leidt tot mortaliteit. Bovendien kan een vin terug aangroeien.

Bij paling worden 2 gevallen van decapitatie en 4 kneuzingen vastgesteld. Twee bloeduitstortingen komen voor. Kneuzingen en haemorrhagie veroorzaken geen directe mortaliteit. Afhankelijk van de ernst van de kneuzingen kunnen waarschijnlijk op middellange termijn nog bijkomende mortaliteiten genoteerd worden. Enkel zeer ernstige verwondingen zoals een decapitatie hebben directe mortaliteit tot gevolg.

Bij voorn blijkt reeds dat quasi alle kwetsuren letaal zijn voor deze fragiele vissoort. Ook minder ernstige beschadiging, welke bij andere vissoorten geen mortaliteit tot gevolg hebben, leiden bij deze vissoort tot de dood. De aard van de beschadiging is zeer uiteenlopend. Opvallend is dat de schade vooral bestond uit afgerukte kieuwdeksels (26 waarnemingen), daarna snijwonden (14 waarnemingen), veroorzaakt door de vijzelrand en op de derde plaats vinrafels (11 waarnemingen). Er zijn evenveel waarnemingen van

decapitaties en ontbrekende ogen (7). Er waren 6 waarnemingen van kneuzingen en 4 waarnemingen van haemorragie. Opvallend is tevens het feit dat voorn de enige vissoort is waarbij de wervelkolom gebroken is (2 waarnemingen).

Foto 10 (bijlage) toont een deel van de terug opgevangen beschadigde voorns. Van boven naar beneden treffen we volgende schade aan. (a) Vis met een ernstige open wonde aan de flanken. (b) Vis met een bloedend aarsgedeelte. (c) Decapitatie van de vis. (d) Vis met ontbrekend operculum. (e) Vis met een open gapende wonde op de zijflank. (f) Vis met een onvolledige staartvin en een ontbrekend oog. (g) Vis waarbij een gedeelte van het operculum ontbreekt en eveneens een snijwond voorkomt. (h) Deze vis heeft een ernstig kwetsuur na het operculum waarbij een deel van het visvlees door de vijzelrand werd weggesneden. (i) De laatste vis heeft een gebroken wervelkolom.

#### 2.4.5. Beschadiging en mortaliteit in functie van de lengte

De palingen behoren allen tot éénzelfde lengteklasse zodat beschadiging en mortaliteit hier niet werd geëvalueerd.

Bij witvis werd er geen statistisch verband gevonden tussen lengte en beschadiging. Vermoedelijk zullen de kleinste vissen veel meer schade ondervinden van de vijzel. Vanwege de turbulentie in de waterkrul zal de kleine vis moeilijk zijn positie behouden en is de kans op botsing en de daarmee gepaard gaande schade groot. Vissen met intermediaire lengte zullen minder schade vertonen. Vervolgens zal bij grotere vissen de kans op schade opnieuw toenemen, omdat de ruimte tussen de 2 vijzelbladen voor grote vissen relatief gezien kleiner is.

De lengte en de mortaliteit van voorn zijn significant negatief gecorreleerd. Hoe kleiner de vis, hoe meer kans op mortaliteit, hoe meer de turbulentie van de vijzel vat heeft op de vis.

|              | Mortaliteit        | Beschadiging      | Lengte             |
|--------------|--------------------|-------------------|--------------------|
| Mortaliteit  | 1.00<br>0.0        | 0.37036<br>0.0001 | -0.37056<br>0.0001 |
| Beschadiging | 0.37036<br>0.0001  | 1.00<br>0.0       | -0.08031<br>0.0807 |
| Lengte       | -0.37056<br>0.0001 | -0.0831<br>0.0807 | 1.00<br>0.0        |

Tabel 3.2. Correlatiecoëfficiënt en probabiliteit van de factoren mortaliteit, lengte en beschadiging bij voorn.

#### 2.5. Algemene besluiten

Zowel visschade als mortaliteit zijn soortafhankelijk. De visschade van een vijzelpomp zouden we naargelang de vissoort kunnen situeren ongeveer tussen 10 en 20%. De mortaliteit is sterk afhankelijk van de soort en varieert van 3.5% tot 43.9% (voorn).

De paling komt als sterke vissoort uit de proef naar voor : slechts 3.5% sterft aan de doorgang door een vijzelpompgemaal. 14% van de opgevangen palingen vertoont beschadigingen, drie op vier palingen overleeft deze beschadigingen op korte termijn. Alle dode palingen vertonen uitwendige beschadiging, hoofdzakelijk kneuzingen, en zijn gestorven door contact met de vijzelrand.

11.8% van het lot uitgeteste baarzen sterft aan de doorgang door een vijzelpompgemaal. Geen enkele levende baars heeft kwetsuren, want bij verwonding sterven de vissen. Alle dode baarzen zijn door mechanische botsing beschadigd (11.8%), hoofdzakelijk door het haperen van het operculum aan de mechanische delen van de pomp.

14.3% van de brasem sterft na passage door een vijzel, 19% van het totale aantal brasems heeft schade. Opvallend is dat slechts de helft van de beschadigingen tot mortaliteit leidt. Dit was het geval voor brasems met ernstige beschadigingen zoals snijwonden en afgerukte opercula. Vissen met schaafwonden blijven op korte termijn in leven. 4.8% van de brasems is dood zonder dat er uitwendige letsels te bespeuren zijn.

Bij voorn sterft 43.9% na passage door een vijzelpompgemaal, 12.2% van de voorn heeft schade. Voorn blijkt aldus zeer gevoelig te zijn aan schade en mortaliteit bij passage van een vijzelpompgemaal. Uitwendige schade komt zowel bij dode en in mindere mate bij overlevende voorn voor. Beschadiging wordt slechts uitzonderlijk overleefd. Opmerkelijk is ook dat drie vierden van de dode vis geen uitwendige kwetsuren hebben. De schade is eerder ernstig : 26 afgerukte of gedraaide opercula, 14 waarnemingen van snijwonden en bij 7 vissen ontbreekt het oog of een lichaamsdeel.

Geen enkele karper sterft aan de werking van het vijzelpompgemaal, maar 20% heeft schade. Er dient rekening gehouden te worden met het kleine lot geteste karpers voor de interpretatie van de gegevens.

#### **2.6. Vergelijking van de proef op de Sint-Karelsmolen met een voorafgaand onderzoek op het vijzelpompgemaal 'De Seine'.**

Naast de evaluatie van de Sint-Karelsmolen werd in een voorafgaand onderzoek een ander vijzelmemaal, namelijk 'de Seine' onderzocht (DENAYER en BELPAIRE, 1992b). Dit vijzelpompgemaal bemaalt eveneens de Moeren (zie kaart fig. 3.11).

Twee vijzels bevatten elk 3 schroefbladen met een bladdikte van 6 mm. Ze zijn 8.3m lang, hebben een buitendiameter van 1.5 m en een asdiameter van 0.8 m. De vijzels zijn opgesteld onder een hoek van 30° en de omwentelingssnelheid bedraagt 37 tpm. Het debiet is 35 m<sup>3</sup>/min. De opvoerhoogte bedraagt max. 3.6 m. Er wordt paling en voorn in de proefopstelling gebruikt.

Bij voorn worden van de 257 ingebrachte stuks 138 stuks (53.5%) teruggevangen. 111 stuks zijn levend en 27 stuks zijn dood (19.6%). 8 stuks (5.8%) zijn beschadigd. Hiervan vertonen 5 stuks snijwonden, 2 stuks zijn gedecapiteerd en 1 exemplaar is volledig vermalen. Van de 27 dode voorns vertonen 19 stuks (13.8%) geen uitwendige beschadiging.

Van de 59 ingebrachte stuks palingen worden er 52 stuks (88%) teruggevangen. Geen enkele paling is dood. Van de 52 stuks zijn 19 stuks beschadigd (36.5%), 7 stuks vertonen oppervlakkige huidbeschadigingen, 10 stuks blijken inwendige kneuzingen door plettingen en fracturen van de wervelkolom te vertonen. 2 stuks vertonen ernstige open snijwonden. De beschadigingen komen vooral voor bij palingen vanaf 31 cm en groter.

In vergelijking met de proef op de Sint-Karelsmolen bemerken we tevens een lage mortaliteit bij palingen na passage van de vijzel (3.5% bij Sint-Karelsmolen - 0% bij de

Seine). Er is een hoger percentage beschadigde paling bij het pompemaal 'de Seine'. Dit kan te wijten zijn aan de manier van inbreng. In de Seine-proef werden de palingen bovenop de werkende vijzel gegoten. In de proef op de Sint-Karelsmolen werden de palingen door de vijzel op een natuurlijke wijze aangezogen.

Voorn blijkt in beide proeven nogal gevoelig te zijn aan het turbulente water bij vijzelwerking: de schade en mortaliteitscijfers liggen hoog. De schade en mortaliteit blijken procentueel twee keer hoger te liggen op de Sint-Karelsmolen bij voorn in vergelijking met de Seine.

43.9 % mortaliteit in vergelijking met 19.6 % op de Seine.

12.2% schade in vergelijking met 5.8% op de Seine.

### 3. Visschade door een centrifugaalpompmaal

#### 3.1. Beschrijving van het gemaal en het aangrenzende gebied

Het pompmaal 'Elektriek Zuid' (foto 7 bijlage) wordt beheerd door de Polder "De Moeren" en draineert de 'Ringsloot Zuid', een waterloop van de 2 de categorie te Houtem (nabij de Franse grens in West -Vlaanderen). De pomp wordt niet meer courant gebruikt. Het bemalen gebeurt momenteel met een nieuw pompmaal met twee vijzels, namelijk 'De Seine'. Dit pompmaal is gelegen op 100m van het centrifugaalpompmaal en neemt zijn functie over (fig. 3.11). De pomp wordt echter 'paraat' gehouden (5 tot 10 uur per jaar) om in geval van uiterste nood (bijvoorbeeld bij een overstroming), wateroverlast weg te werken. Het is een oud type centrifugaalpomp (foto 6 en foto 8 bijlage).

De wanddikte van de pomp is 3 cm. De binnendiameter van de persleiding is 70 cm. De waaier bestaat waarschijnlijk uit 6 tot 7 schoepen. De schoepenwaaier is 35 cm breed en versmallend naar de periferie toe tot 10 cm van de rand. Twee inlaatpijpen komen onderaan en zijlings het pomphuis binnen over een hoek van 30 graden. De leiding van de pomp naar het effluentkanaal heeft een knik van 45 graden en voert het water naar een bak met overloop op het effluentkanaal. Het water moet vanaf het innamepunt tot het uitstortpunt een afstand van ongeveer 15 meter afleggen door het buizensysteem en de pomp. De opvoerhoogte van het water is ongeveer 5 meter. Het debiet van de pomp bedraagt 60 m<sup>3</sup>/min.

#### 3.2. Materiaal en methoden

Een speciale cilindervormige kooi uit gaasdraad werd gemonteerd rond de inlaatopening van de pomp. De mazen hadden een opening van 1 cm<sup>2</sup>. Hierin werden de vissen gebracht. Het water werd door de centrifugaalpomp uitgestort in een vierkante bak aan het effluentkanaal. Met een kleine draagbare pomp werd deze bak aan het effluentkanaal uitgedempt en met water gevuld om er zeker van te zijn dat in de opvangbak uitsluitend testvissen teruggevonden zouden worden. Op de plaats waar het water over de bak liep werd er supplementair een net geplaatst. Het net, gemonteerd op een houten balk werd aan de hand van 4 bankschroeven vastgeklemd op vier metalen staven. Het net werd aan de

oevers op 3 plaatsen met touwen opgespannen (bijlage foto 5).

Voor de proef werden uit de kweekafdeling van het Laboratorium voor Ecologie en Aquacultuur, 300 'grote' palingen van ongeveer 30 cm en groter geselecteerd. Supplementair werden 30 'kleine' palingen van grootteorde 20 cm ingezet. De palingen, aanvankelijk op 25 °C gehouden, waren een paar dagen vóór de proef aangepast geweest aan een temperatuur van 12 °C. De palingen werden droog vervoerd in vierkante transportbakken met deksel.

De witvissen waren afkomstig van de Kromme Gracht in Avekapelle waar ze door sleepnetvisserij gevangen werden. De stockage gebeurde in leefnetten nabij de pomp. De temperatuur van het water bedroeg 9 °C. Vóór de proef begon werden geen verzwakte vissen in de leefnetten gevonden. In deze at random gekozen witvispopulatie bevonden zich 28 brasems, 4 baarzen en 250 blankvoorns.

De vissen werden in de cilindervormige mand rond de aanzuigleiding geplaatst en in één keer opgezogen door de pomp.

Het meten en wegen van de vissen en het evalueren van de schade is gelijkaardig als beschreven bij de vizeelpompproef.

Het meten van de watersnelheid vóór de pomp gebeurde met een snelheidsmeter. Het is een toestel bestaande uit een lange staaf waarop een propeller is gemonteerd. Als het water aangezogen wordt gaat de propeller aan het draaien. Het aantal omwentelingen wordt geregistreerd door een teller. Aan de hand van het toerental van de propeller van de snelheidsmeter kan men de snelheid van het water als volgt berekenen (volgens de handleiding van de snelheidsmeter) :

$$v = 0.2281 * N + 0.023 \text{ als } N < 0.76$$

$$v = 0.2475 * N + 0.01 \text{ als } N > 0.76$$

met  $v = [m/s]$  en  $N = [1/s]$

### 3.3. Resultaten

#### **3.3.1. De snelheid van het water nabij de inzuigopening**

Bij het inschakelen van de pomp werd de snelheid van het water in de nabijheid van de inzuigopening gemeten. De propeller van de snelheidsmeter geeft een snelheid aan van 49 toeren per minuut of 0.8166 toeren per seconde. Invullen in de formule

$$v = 0.2475 * N + 0.01 \text{ geeft als oplossing : } v = 0.21213 \text{ m/s of } v = 0.21 \text{ m/s}$$

#### **3.3.2. De terugvangst van vissen na passage door het centrifugaalpompmaal**

Bij de witvis worden er 189 vissen terug opgevangen. Het aantal ingebrachte witvis is 283. De terugvangst is aldus 66.7%. Van de 330 palingen worden er 287 teruggevangen. De terugvangst van palingen bedraagt 86.9%.

In tabel 3.3 wordt de relatie tussen schade en mortaliteit bij baars, brasem, voorn en paling weergegeven. Het aantal vissen werd door N voorgesteld. Van lengte (=L) en gewicht



(=G) zijn het minimum, het maximum, het gemiddelde en de standaardafwijking gegeven. Figuur 3.15 en figuur 3.16 zijn de grafische voorstellingen van de tabel 3.2.

|              | BAARS  |         |      | BRASEM |         |     | VOORN  |         |      | PALING |         |      |
|--------------|--------|---------|------|--------|---------|-----|--------|---------|------|--------|---------|------|
| N            | 3      |         |      | 25     |         |     | 161    |         |      | 287    |         |      |
| min. L       | 8.00   |         |      | 4.00   |         |     | 6.00   |         |      | 15.00  |         |      |
| min. G       | 5.00   |         |      | 2.00   |         |     | 4.00   |         |      | 22.00  |         |      |
| max. L       | 15.00  |         |      | 30.00  |         |     | 32.00  |         |      | 80.00  |         |      |
| max. G       | 35.00  |         |      | 302.00 |         |     | 340.00 |         |      | 39.00  |         |      |
| gem. L       | 11.33  |         |      | 13.04  |         |     | 10.44  |         |      | 48.46  |         |      |
| gem. G       | 18.33  |         |      | 43.20  |         |     | 15.40  |         |      | 32.10  |         |      |
| S.D.(L)      | 3.51   |         |      | 6.17   |         |     | 2.64   |         |      | 11.64  |         |      |
| S.D.(G)      | 15.27  |         |      | 73.20  |         |     | 29.12  |         |      | 2.35   |         |      |
| %            | Levend | Mortal. | Σ    | Levend | Mortal. | Σ   | Levend | Mortal. | Σ    | Levend | Mortal. | Σ    |
| Onbeschadigd | 66.7   | 0       | 66.7 | 28     | 4       | 32  | 46.6   | 3.7     | 50.3 | 98.6   | 0       | 98.6 |
| Beschadigd   | 33.3   | 0       | 33.3 | 56     | 12      | 68  | 41     | 8.7     | 49.7 | 1.4    | 0       | 1.4  |
| Σ            | 100    | 0       | 100  | 84     | 16      | 100 | 87.6   | 12.4    | 100  | 100    | 0       | 100  |

Tabel 3.3. Samenvatting van de resultaten van de centrifugaalpomproef

**Centrifugaalpompgemaal : Elektriek Zuid**

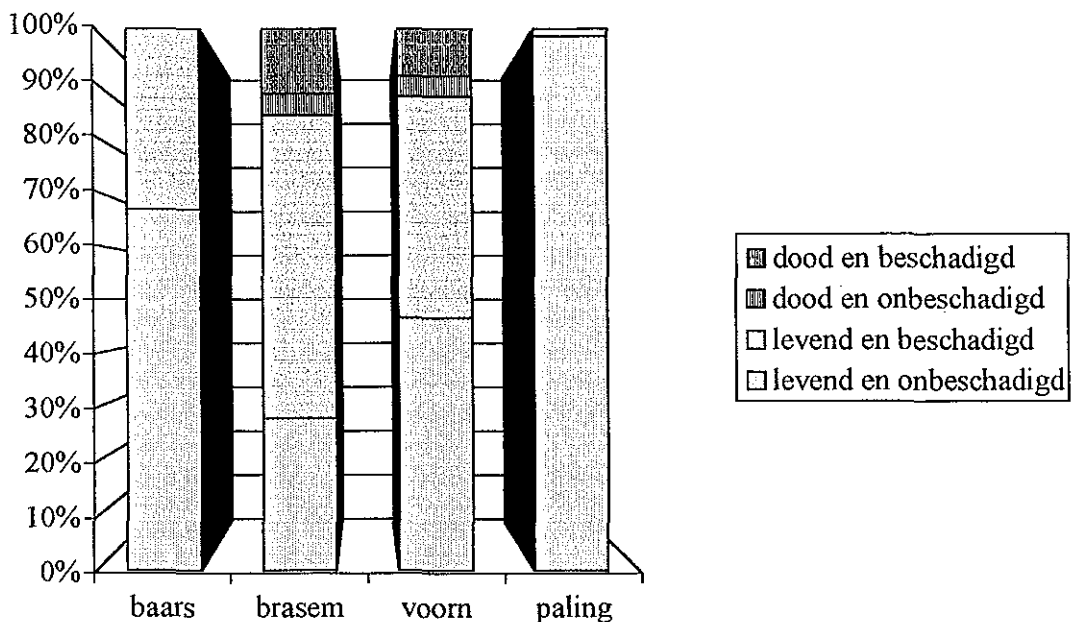


Fig. 3.15 Verdeling van visschade en -mortaliteit bij een centrifugaalpomproef

### *Centrifugaalpompmaal : Elektriëk Zuid*

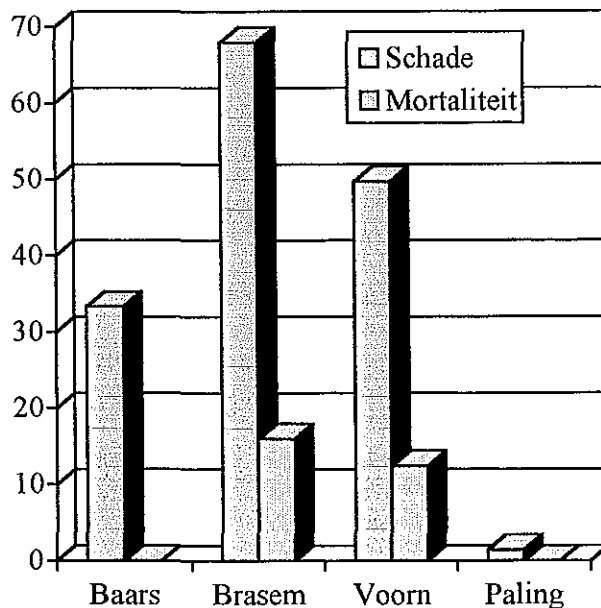


Fig 3.16 Relatie tussen visschade en mortaliteit (in %) bij vissen na passage doorheen de centrifugaalpomp.

#### **3.4. Bespreking van de proefopstelling en de resultaten**

##### **3.4.1. De snelheid van het water nabij de inzuigopening**

De snelheid van het water nabij de inzuigopening is 0.21 m/s. Volgens de literatuur (GERMONPRÉ, 1993) is 0.3 m/s de kritische snelheid waarbij een vis de aanzuigstrooming niet meer kan ontwijken.

##### **3.4.2. Het transport en de voorafgaande manipulatie van vissen**

Het transport van palingen naar het pompmaal leverde geen problemen op. De witvis was een aantal uur vóór de proef begon ter plaatse gebracht en in leefnetten gestockeerd. Geen enkele vis vertoont verzwakking ten gevolge van het voorafgaandelijk transport of de stockage. Evenwel was bij sommige vissen schubschade opgetreden ten gevolge van het transport en de manipulaties van de vissen. Daarom werd schubverlies bij passage van de vis doorheen de centrifugaalpomp niet genoteerd.

##### **3.4.3. De opvang en de inbreng van vissen**

Het aantal opgevangen vis is hoog. Bij witvis is de terugvangst 66.7%, bij paling bedroeg

de terugvangst 86.7%. Door de constructie rond de wateraanvoeropening kan de vis aan de pompwerking niet ontsnappen. De bak op het effluentkanaal, tezamen met het net laat toe de vissen op een efficiënte wijze op te vangen. Een beperkt aantal vissen is echter door een scheur in het net kunnen ontsnappen.

#### **3.4.4. Beschadiging en mortaliteit bij witvis en paling bij doorgang door een centrifugaalpompgemaal**

- **De mortaliteit**

Noch bij paling, noch bij baars worden dode vissen aangetroffen bij de terug opgevangen vissen. Enkele bij voorn en brasem worden dode vissen na het centrifugaalpompgemaal opgevangen. Het mortaliteitspercentage van voorn is 12.4%. Bij brasem vallen de meeste doden (16% op het totaal aantal teruggevangen brasems). Algemeen kunnen we stellen dat het percentage dode vissen zeer laag is.

- **De schade**

Hieruit blijkt dat brasem het meest schade ondervindt van de centrifugaalpompperking (68% schade). Voorn komt op de tweede plaats (49.7%). De helft van de opgevangen voorn is gewond geraakt. Op de derde plaats komt baars, waarbij één derde (33.3%) schade heeft. Paling blijkt een sterke vissoort te zijn met betrekking tot de centrifugaalpompperking. De paling ondervindt bij de doorgang doorheen een centrifugaalpompgemaal praktisch geen schade (1.4%).

- **Verdeling van de beschadigde dode vissen en onbeschadigde dode vissen**

De vissen die een centrifugaalpomppasserer kunnen aan inwendige (of uitwendig niet zichtbare) en aan uitwendige letsels sterven. De uitwendige letsels kunnen veroorzaakt zijn door botsing van de vis met de mechanische delen van de pomp. De inwendige letsels worden veroorzaakt door snelheid- en drukfluctuaties binnenin de pomp.

Drie vierden (75%) van de dode brasem en 70.1% van de dode voorn is uitwendig beschadigd. Het overige percentage (25% bij dode baars en 29.9% bij dode voorn) is gestorven aan inwendige letsels. Van het percentage vissen met uitwendige letsels zal een deel eveneens inwendige beschadigingen opgelopen hebben. Dit kan men besluiten uit het feit dat er tevens vissen gestorven zijn die niet letale uitwendige beschadigingen, zoals vinschade, opgelopen hadden. Blijkbaar hadden de dode vissen met uitsluitend vinbeschadiging eveneens inwendige schade opgelopen. (Er zijn geen dode palingen en baarzen)

- **Verdeling van het percentage beschadigde levende vissen en onbeschadigde levende vissen**

Bij blootstelling aan de werking van een centrifugaalpompgemaal wordt nog een hoog schade percentage vastgesteld bij de overlevende vissen. Dit is vooral het geval voor brasem en voorn : 66.7% van de levende brasems heeft een beschadiging respectievelijk 46.8% voor voorn. Bij baars is één derde (33.3%) van de levende baarzen beschadigd (restrictie klein aantal). Bij paling is de captatie van beschadigde levende vis slechts 1.4%.

- **Verdeling van de beschadigde dode vissen en de beschadigde levende vissen**

Een hoog overlevingspercentage wordt vastgesteld bij vissen welke uitwendige beschadigingen oplopen. Hieruit blijkt dat de uitwendige schade die vissen oplopen bij het passeren van een centrifugaalpomppasserer niet steeds (onmiddellijk) letaal is, vermits ook

levende vissen gevangen worden die niet aan de schade gestorven zijn. Bij baars en paling zijn alle beschadigde vissen nog in leven (100%). Bij beschadigde brasem en voorn leeft nog 82.4% en 17.6% is dood en beschadigd. Bij het in beschouwing nemen van de aard van de schade komen veel vissen voor met gerafelde vinnen. Een vinbeschadiging is niet direct dodelijk. Het rafelen van de vinnen kan deels veroorzaakt zijn door het opvangnet. Gezien de zeer lage waterstand langs de aanzuigzijde van de pomp kon de pomp slechts éénmalig en kortstondig draaien en was het niet mogelijk om de vinschade bij testvissen in de netten te evalueren door de pomp vooraf te laten draaien met een aantal stuks vis in de opvangnetten.

- **Verdeling van de onbeschadigde dode vissen en onbeschadigde levende vissen**  
Alle onbeschadigde baarzen en alle onbeschadigde palingen zijn in leven (100%). Bij onbeschadigde voorn is 7.4% dood en bij onbeschadigde brasem is dit percentage 12.5%. Het percentage uitwendig onbeschadigde voorn en brasem is gestorven aan inwendige letsels. Palingen en baarzen hebben inwendig geen letsel opgelopen.

#### **3.4.5. Aard van de beschadigingen**

Eén levende baars heeft haemorrhagie. Bij drie vierden van de dode brasem (3 waarnemingen) ontbreekt één of beide ogen. Vermoedelijk zijn door de drukveranderingen binnenin de pomp de ogen weggerukt. 6 Brasems vertonen bloeditstoringen, eventueel veroorzaakt door cavitatie binnenin de pomp waardoor onder lokale druk de aders springen. 15 brasems vertonen een vinbeschadiging waarvan 14 brasems leven. Vinbeschadiging is een niet ernstig letsel dat niet leidt tot directe mortaliteit vermits de vinnen kunnen aangroeien. Eén brasem heeft schade aan het operculum. Bij twee brasems zijn kneuzingen en/of schaafwonden aanwezig. Hiervoor kunnen twee oorzaken aangegeven worden. Kneuzing kunnen ontstaan door lokale cavitatie die een gasbel creëert in het weefsel en waarbij er lokaal een explosie in het vlees optreedt. Schaafwonden kunnen opgelopen worden bij botsing van de vis met de roterende schijf binnenin de pomp.

Echte snijwonden ontbreken bij deze vissoort, waarschijnlijk omdat de schoepen van de centrifugaalpompe van een gesloten type zijn en de vis minder in contact kan komen met scherpe delen van de schoepenrand.

Bij de voorns zijn er vooral veel vissen met uitgerafelde vinnen : 72 waarnemingen op 161 voorns (cfr. bijlage foto 9). Mogelijk kan een deel van de vinschade verklaard worden door schade veroorzaakt door de opvang van het net. Kneuzingen komen eveneens regelmatig voor : 10 waarnemingen. Door de drukveranderingen in de pomp zijn 5 voorns één of beide ogen kwijtgeraakt (cfr. bijlage foto 9) en vertonen 5 voorns bloedingen. Door de enorme snelheid van het water hebben 4 voorns hun opercula verloren. Eén voorn heeft een gebroken sternum, veroorzaakt door het botsen tegen de schoepen. Opmerkelijk is dat slechts één voorn een snijwond vertoont door botsing met de scherpe delen van de schoepenrand.

4 beschadigde palingen worden gevonden na het beëindigen van de proef. Twee palingen hebben een vinbeschadiging. Twee andere palingen zijn er ernstiger aan toe : één paling heeft een open snijwond en één paling heeft een schaafwonde aan de kop door botsing met de mechanische delen van de centrifugaalpompe.

### **3.4.6. Beschadiging en mortaliteit in functie van de lengte**

Enkel bij voorn, waarvan de staalname voldoende groot was, werd het verband gezocht tussen de lengte en de aard van de beschadiging. Hiervoor werd een correlatieanalyse doorgevoerd die evenwel weinig significant is.

|                     | <b>Mortaliteit</b> | <b>Beschadiging</b> | <b>Lengte</b>      |
|---------------------|--------------------|---------------------|--------------------|
| <b>Mortaliteit</b>  | 1.00<br>0.0        | 0.15299<br>0.0527   | -0.15588<br>0.0483 |
| <b>Beschadiging</b> | 0.15299<br>0.0527  | 1.00<br>0.0         | 0.11179<br>0.1580  |
| <b>Lengte</b>       | -0.15588<br>0.0483 | 0.11179<br>0.1580   | 1.00<br>0.0        |

tabel 3.4. Correlatiecoëfficiënt en probabiteit van de factoren mortaliteit, lengte en beschadiging bij voorn.

Een hogere beschadiging van de vissen leidt tot hogere mortaliteit. Hoe kleiner deze vissen, hoe meer vissterfte. Kleine vissen zijn gevoeliger voor inwendige schade veroorzaakt door drukverschillen en snelheidsfluctuaties. Grote vissen daarentegen vertonen meer uitwendige beschadigingen omwille van het botsen van de vis met de mechanische delen van de pomp. Kleine vissen geraken gemakkelijker zonder botsen door de passeerruimte dat grote vissen.

### **3.5. Algemene besluiten**

Zowel visschade als mortaliteit zijn soortafhankelijk. Het percentage mortaliteit is laag bij een centrifugaalpomp. Enkel bij voorn en bij brasem zijn er mortems (12% bij voorn en 16% bij brasem). Paling en baars worden niet gedood door het passeren van het gemaal. Het mortaliteitscijfer schommelde tussen de 0% en de 16% voor alle vissoorten.

Brasem, voorn en baars hebben het meest uitwendige beschadigingen (resp. 68%, 49.7% en 33%). Paling is bestand tegen de centrifugaalpompwerking : bij de doorgang doorheen de centrifugaalpomp vertoont de paling bijna geen schade (althans niet bij de door ons uitgeteste lengtes).

De schade is heel sterk soortafhankelijk en schommelt tussen de 1.4% en de 68%.

Het passeren van het centrifugaalpompgemaal blijkt voor de paling (< 40 cm) weinig problemen te leveren. Op korte termijn blijven alle palingen in leven. Bij de 1.4% beschadigde paling is slechts de helft ernstig beschadigd.

Ook baars overleeft het pompgemaal op korte termijn. Het aantal beschadigde baarzen ligt hoger (mits restricties van het klein aantal baarzen gebruikt in de proef).

De resultaten voor brasem en voorn liggen in dezelfde lijn.

Brasem vertoont de hoogste mortaliteit (16%) en het hoogste percentage schade (68%). Hieruit blijkt dat brasem de meest nadeel ondervindt van een centrifugaalpomp. Het merendeel van de dode brasem (75%) is uitwendig beschadigd. De rest van de dode brasem heeft inwendig letsels opgelopen. Veel brasems (82.4% van het totaal aantal beschadigde

brasems) overleven hun beschadigingen. Hoofdzakelijk haemorrhagie en oogkwetsuren komen bij brasems voor, waarschijnlijk ten gevolge van drukfluctuaties in de pomp.

Voorn vertoont een mortaliteit van 12.4%. De helft (49.7%) van het totaal aantal testvissen is bij voorn gewond geraakt. Dit leidt niet steeds tot de dood. Veel voorns (82.4% van het totaal aantal beschadigde voorns) overleven hun beschadigingen. Naast een aantal ernstige beschadigingen : uitgerukte ogen, breuk van het sternum, snijwonden en kneuzingen, haemorrhagie en schade aan het operculum, valt het op dat bij veel voorns de vinnen gerafeld zijn.

## 4. Vergelijking van de schadelijkheid van de 3 pompen

### 4.1. Visschade en -mortaliteit in een vijzelpomp- en centrifugaalpomp-gemaal

Het centrifugaalpomp-gemaal veroorzaakt minder mortaliteit bij de testvissen dan een vijzelpomp-gemaal. Het mortaliteitspercentage bij de centrifugaalpomp schommelt tussen 0% (baars, paling) en 16% (brasem). Bij de vijzelpomp is het percentage gelegen tussen 3.5% (paling) en 43.9% (voorn).

Hoewel de mortaliteit bij testvissen in de centrifugaalpomp lager ligt, is het schadecijfer (met uitzondering van de paling) hoger dan bij de vijzelpomp. Tot 68% van de brasem is beschadigd. Paling is er het minst erg aan toe, de schade is slechts 1.4%. De visschade bij de Sint-Karelsmolen (vijzel) is veel geringer en is gelegen tussen 11.8% (baars) en 19-20% (brasem, karper).

### *Schade en mortaliteit*

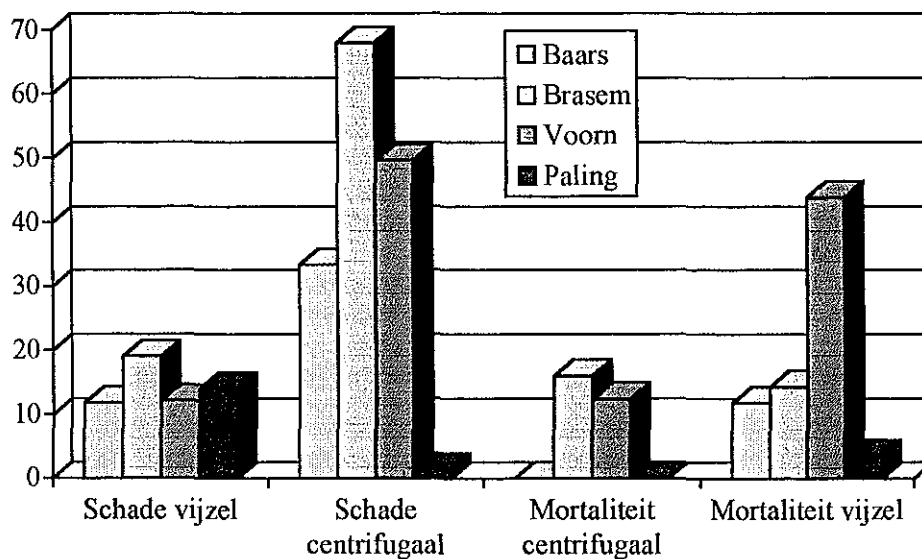


Fig. 3.17. Visschade en -mortaliteit in een vijzelpomp- en centrifugaalpomp-gemaal

De schijnbare contradictie dat bij de centrifugaalpomp de mortaliteit lager en de schade hoger is dan bij de vijzelpomp kan verklaard worden door de aard van de schade. Bij de

proef met de centrifugaalpomp komen bij de beschadigde teruggevangen vissen enorm veel exemplaren voor met vinschade. Deze vinschade is niet lethaal. Vandaar dat het schadepercentage hoger ligt dan het mortaliteitspercentage. Bij de proef met het vijzelpompgemaal zijn er veel minder teruggevangen vissen met vinschade.

3.5% van de paling sterft (op korte termijn) na de doorgang door een vijzelpompgemaal, 14% van de teruggevangen paling heeft schade. Geen enkele paling sterft (op korte termijn) na blootstelling aan de centrifugaalpomp, 1.4% heeft schade. Paling wordt vooral beschadigd door contact met de mechanische delen van de pomp. Blijkbaar is de kans op contact met de schoepenrand veel geringer bij de centrifugaalpomp dan het contact met de vijzelrand bij de vijzelpomp. De passeerruimte in de centrifugaalpomp biedt de mogelijkheid om palingen (tot 39cm) met het rivierwater te verpompen zonder al te veel schade aan de vissen te berokkenen. Bij de vijzelpompproef komen 2 gevallen voor van decapitatie, 2 palingen vertonen haemorrhagie en 4 palingen hebben kneuzingen. Schaafwonden (1), snijwonden (2) en vinbeschadiging (2) worden bij de centrifugaalpomp waargenomen. Decapitatie en haemorrhagie komen niet voor bij de centrifugaalpomp.

11.8% van de baars sterft op korte termijn na doorgang doorheen de vijzelpomp. Geen enkele baars (restrictie klein aantal) sterft na doorgang doorheen de centrifugaalpomp. Het schadepercentage bij de centrifugaalpomp is groter (33.3%) dan bij de vijzelpomp (11.8%). Eén levende baars vertoont haemorrhagie bij passage van de centrifugaalpomp. Zowel drukfluctuaties als botsing met de schoepen kan hier als oorzaak aangegeven worden. Bij de vijzelpomp is de schade ernstiger : 2 vissen hebben een afgerukt operculum en bij één hiervan ontbreekt het oog. Hier kan een contact met de vijzelrand en/of de snelheid van het water de oorzaak zijn van de schade.

14.3 % van de brasem sterft op korte termijn na doorgang doorheen een vijzelpomp, en een gelijkaardig percentage (16%) sterft na passage doorheen de centrifugaalpomp. Het schadepercentage is echter sterk verschillend. Bij de centrifugaalpomp zijn procentueel 3.5 keer zoveel brasems beschadigd (68%) na passage in vergelijking met de vijzelpomp (19%).

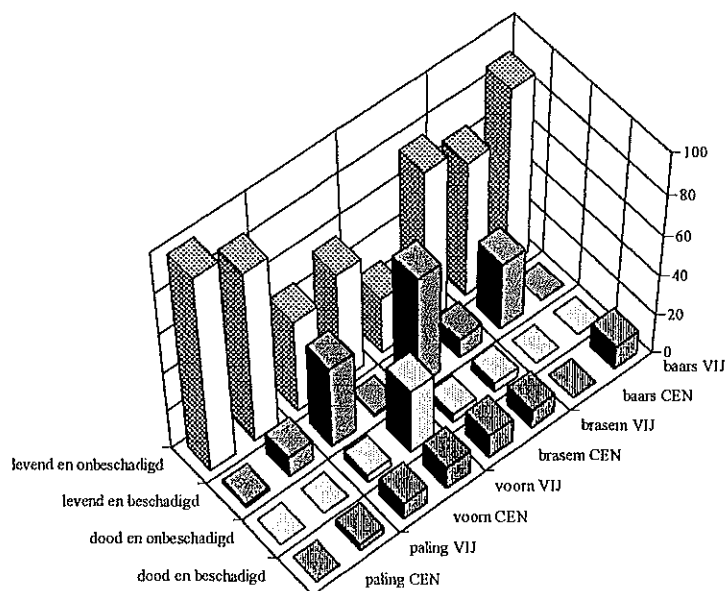


Fig. 3.18. Vergelijking van visschade- en mortaliteitsverdeling bij vissen na passage door een centrifugaal- of vijzelpompgemaal.

Beschadiging bij brasem leidt op korte termijn in de helft van de gevallen (bij snijwonden en afgerukte opercula) tot de dood. De andere helft (van de beschadigde brasem) leeft en vertoont oppervlakkige schaafwonden en haemorrhagie. Bij een centrifugaalpomp is 17.6% van de beschadigde brasems dood. De aard van de schade is bij de centrifugaalpomp zeer divers : er zijn 6 waarnemingen van haemorrhagie en 2 gevallen van kneuzingen. Bij 3 vissen ontbreekt het oog (deze vissen zijn allen dood) en bij 1 vis is het operculum verdwenen. Op 15 vissen met vinrafeling zijn er 14 levend.

Merk op dat 4.8% van het totale aantal brasems bij de vijzelpomp, respectievelijk 4% bij een centrifugaalpomp dood is en (uitwendig) onbeschadigd. Waarschijnlijk zijn deze vissen gestorven aan de turbulentie van het water bij de vijzelpomp en aan de grote drukfluctuaties bij de centrifugaalpomp.

Het mortaliteitspercentage bij voorn ligt ongeveer 3.5 keer hoger bij de vijzelpomp (43.9%) dan bij de centrifugaalpomp (12.4%). Het percentage (uitwendige) schade ligt ongeveer 4 keer lager bij de vijzel dan bij de centrifugaalpomp. 70.1% van het totaal aantal dode voorn heeft een waarneembare beschadiging opgelopen bij de centrifugaalpomp. Een vierde van de dode voorn is beschadigd bij de vijzelpomp. 46.8 % van de levende voorn vertoont beschadigingen na blootstelling aan de werking van een centrifugaalpomp. Slecht 1.4% van de overlevende voorn is beschadigd bij de vijzelpomp. De aard van de beschadiging is zeer uiteenlopend voor beide pompen. Bij een vijzelpomp bestaat de schade vooral uit afgerukte kieuwdeksels (26 waarnemingen, daarna snijwonden (14 waarnemingen), veroorzaakt door de vijzelrand en uit behoorlijk wat vinschade (11 waarnemingen). Andere ernstige beschadigingen zoals decapitaties (7), oogblessures (7), breuk aan de wervelkolom (2), (minder ernstige) kneuzingen (6) en haemorrhagie (4) komen eveneens voor. Bij de centrifugaalpomp wordt de aard van de schade gedomineerd door de vinrafeling : 72 waarnemingen. Eveneens zijn er (10) waarnemingen van kneuzingen, breuk van het sternum (1), snijwonden (1), haemorrhagie (5), operculumschade (4), schade aan ogen (5). 7.4% van de onbeschadigde voorn is dood na passage door een centrifugaalpomp, terwijl het percentage dode onbeschadigde voorn bij een vijzel procentueel 5 keer hoger ligt (37%). Naast de conditie van de vissen kan ook de turbulentie van de vijzel als oorzaak van mortaliteit aangegeven worden bij vissen die geen duidelijk uitwendig letsel vertonen. Bij de centrifugaalpomp wordt deze inwendige schade veroorzaakt door druk.

#### **4.2. Vergelijking tussen een schroefpompgemaal en een centrifugaal- en vijzelgemaal**

De aard van de beschadigingen bij vissen is veel ernstiger bij een schroefpompgemaal dan bij een vijzel- of een centrifugaalpomp. Dit kan gesteld worden op basis van de foto's 15 tot en met 20 (schade bij het schroefpompgemaal) in vergelijking met de aard van de beschadigingen die gevonden worden bij de gecontroleerde proeven op het vijzelpompgemaal en het centrifugaalpomp. Het aantal decapitaties is vermoedelijk veel hoger bij een schroefpomp als bij ander type. Decapitaties komen zelden voor bij de vijzelpompproef (9 stuks = 1.5% van de opgevangen vissen) en komen niet voor bij de proef met het centrifugaalpomp. Dit is het gevolg van het feit dat de passeerruimte voor vissen in een centrifugaalpomp in vergelijking met een schroefpomp veel groter is.



## C. VERGELIJKING VAN DE RESULTATEN MET POMPPROEVEN UIT HET BUITENLAND

Het aantal pompproeven in het buitenland is zeer beperkt en voor sommige pomptypes (schroefpomp en vjzelpomp) onbestaande. Er zijn enkele proeven met centrifugaalpomp (type hydrostal) bekend. De resultaten van de proeven in het buitenland liggen in dezelfde lijn als de conclusies bij de proef met het centrifugaalpompgemaal in Vlaanderen.

PATRICK EN MCKINLEY (1987) onderzochten de visschade bij een hydrostal-centrifugaalpom of schroefcentrifugaalpom bij hoge toerentallen (niet verwarren met schroefpom !). Ongeveer 2300 migrerende palingen (*Aguilla rostrata*) werden voor de proef gebruikt.

Een onderwatermodel 16-F hydrostalpom (Hydrostal Incorporated, Neunkirch, Zwitserland) was geconstrueerd zodat vaste objecten met een diameter van 15 cm doorheen de pom geraken. De schroef werd aangedreven met een 56 kW moter. Het toerental werd opgedreven naar 1200 (!) toeren per minuut. De inlaatpijp was 0.6 m lang. De uitlaatpijp (diameter 20 cm) was 7 m en bestond uit 3 knikken van 45°. Watersnelheden van 5.2 m/s werden binnenin de pom opgemeten. Het debiet was 0.01 m<sup>3</sup>/min. De palingen werden in een kooi aan de inlaat geplaatst. Er werden 4 testen uitgevoerd respectievelijk met 25, 50, 100 en 200 palingen en 2 replicaties met 400 palingen.

Alle palingen (2300) uit de verschillende testen waren levend door de pom geraakt. De visschade was beperkt tot een gemiddelde van 3%

RODGERS EN PATRICK (1985) onderzochten een hydrostal vispom omleidingssysteem op zijn effectiviteit en schade. In hun studie wordt eerst de mortaliteit van een aantal vissoorten geëvalueerd die door een hydrostalpom gaan onder verschillende pomcondities. Daarnaast wordt het effect getest van het gebruik van een lichtschermb, bubbelschermb en elektrisch veld. De proefopstelling en de resultaten van het eerste gedeelte van de proef (nl. de mortaliteitsstudie) worden hieronder weergegeven.

De hydrostalpom laat toe objecten te verpompen met een maximum diameter van 10 cm en kan aangesloten worden op een lang of een kort transportcircuit. De pom wordt aangedreven door een 10 hp elektrische moter en het toerental kan willekeurig ingesteld worden tussen 400 en 1200 tpm. De proefopstelling wordt voorgesteld in fig. 3.19.

Het lange circuit bestaat uit een holle pijp (25 cm diameter) van 15.5 m met 2 hoeken van 90° en 2 hoeken van 45°. Het korte circuit bestaat uit een holle pijp (25 cm diameter) met één hoek van 45°. De kwiklamp 250 W met blauwe filter (410-450 nm) werd direct achter de inlaat geplaatst en 2 stroboscopische lichten op 1.5 m van de inlaat (200 flitsen/min). De afstand tussen anode en katode bedroeg 3m en veroorzaakt een veld van 15-20  $\mu$ ampère/30cm. 30 cm voor de pom bedroegen de watersnelheden 0.12 m/s bij 450 tpm en 0.3 m/s bij 1200

tpm. De in de test gebruikte vissen behoorden tot de baarsachtigen (*Perca flavescens*), zalmachtigen (*Oncorhincus mykiss*), spieringachtigen (*Osmerus mordax*) en haringachtigen (*Alosa pseudoharengus*).

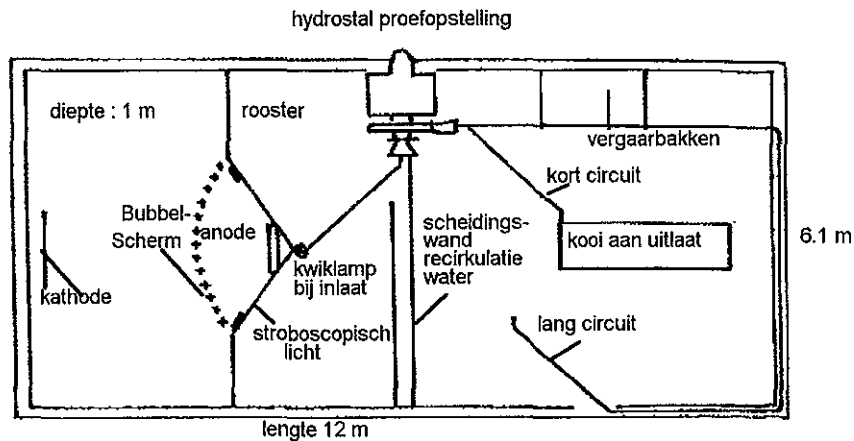


Fig. 3.19 Bovenzicht van de proefopstelling.

In de proefopstelling werden 25 vissen per test (5 replica) blootgesteld aan de pompwerking. De vissen werden na gedwongen blootstelling gecontroleerd op uitwendige beschadiging na 24 en 48 uur. De resultaten van de mortaliteiten worden in tabel 3.6 weergegeven.

| vis      | grootte | kort circuit |         |         |          | lang circuit |          |          |
|----------|---------|--------------|---------|---------|----------|--------------|----------|----------|
|          |         | 450 tpm      | 600 tpm | 950 tpm | 1150tpm  | 450 tpm      | 600 tpm  | 950 tpm  |
| 'forel'  | 12-20cm | 0            | 0.8±0.8 | 0.8±0.8 | 0        | 0            | 0        | 1.6±1.0  |
| 'baars'  | 10-20cm | 0.8±0.8      | 4.0±1.8 | 6.4±2.0 | 11.2±3.4 | 3.2±1.5      | 12.0±6.2 | 28.8±7.5 |
| 'haring' | 10-15cm |              |         |         |          | 4.8±1.5      | 8.8±3.9  | 22.4±5.9 |

Tabel 3.6. Mortaliteitspercentage na passage doorheen het transportsysteem bij verschillende toerentallen

**Conclusies:**

1. Mortaliteit is sterk afhankelijk van de vissoort (cfr. conclusies uit de proefnemingen in Vlaanderen)

De forel komt hier als sterke vissoort uit de proef (mortaliteit ongeveer 1.5 %).  
De mortaliteit ligt hoger bij baars- en haringachtigen.
2. Mortaliteit neemt toe bij hogere toerentallen

Dit is aan te tonen voor baars- en haringachtigen. Forel schijnt hier minder door te worden beïnvloed.. Het toerental binnenin een pomp wordt het liefst zo laag mogelijk gehouden. De mortaliteit is kleiner dan 10% bij een toerental kleiner dan 600 tpm voor alle vissoorten.
3. De constructie van het transportcircuit aan in- en uitstroomzijde van het pomphuis heeft invloed op vismortaliteit

De lengte van het buizencircuit en het aantal knikken in het circuit beïnvloeden het mortaliteitscijfer bij baars. (De mortaliteit bij 60 tpm is bij baars 3 keer hoger bij het lange circuit) Knikken aan in- en uitstroomzijde blijven best beperkt tot 45°
4. Centrifugaalpomp blijven voor een aantal vissoorten relatief visvriendelijk

Additionele proeven (niet in de tabel) met de meerval (*Ictalurus neulosus* - 20-30cm) bij 600 tpm en fintachtigen (*Dorosoma cepedianum* - 10-20cm) bij 960 tpm waarbij er geen mortaliteiten voorkwamen, tonen aan dat schroefcentrifugaalpomp voor een aantal vissoorten visvriendelijk zijn (cfr. conclusie centrifugaalpompproef in Vlaanderen).
5. Er werd uit de proefopstelling geen statistisch significant verband gevonden tussen mortaliteit/schade en de lengte van de vissoorten
6. Centrifugaalpomp veroorzaken haemoragie en schubverlies.

Tussen de 10-20% van de overlevende vis was beschadigd. De beschadiging nam toe bij hoger toerental en bij het gebruik van het grote transportcircuit. De meest voorkomende vormen van schade waren haemoragie en schubverlies (cfr. conclusies proefneming in Vlaanderen)
7. Er is een verband tussen schubgrootte en schade

Vissoorten met grotere schubben lopen gemakkelijker schade op en bijgevolg zijn ze kwetsbaarder.

## HOOFDSTUK 4 : DE INVENTARISATIE VAN DE POMPGEMALEN OP DE RIVIEREN VAN HET VLAAMSE GEWEST

Naast het beoordelen van visschade door pompgemalen, is het belangrijk om de distributie te kennen van de verschillende pompsystemen die opgesteld staan op de rivieren van het Vlaamse Gewest. Deze pompgemalen kunnen op vismigratieroutes gelegen zijn en een ernstige negatieve impact uitoefenen op de visstand. De bestaande pompgemalen werden in kaart gebracht en geëvalueerd.

### 1. Het karteren en verwerken van de gegevens

Voor de inventarisatie van de pompgemalen op de rivieren van het Vlaamse Gewest werd informatie verkregen van de bevoegde waterbeheersinstanties : de Administratie Waterinfrastructuur en Zeewezen, de Landelijke Waterdienst, de technische diensten van de 5 verschillende provincies en de Polders en Wateringen.

Van de 110 aangeschreven Polders en Wateringen hebben er 91 gereageerd. 53 Polders en Wateringen hebben geen pompgemaal in hun bezit. Pompen onder het beheer van belangrijke gemeenten (stad Antwerpen en stad Mechelen) werden door de provincie meegedeeld.

De pompgemalen werden alfabetisch in een lijst opgenomen in bijlage tabel 1. Een overzicht van de pompgemalen in het Vlaamse Gewest wordt gegeven op twee kaarten. Op deze kaarten worden de pompgemalen via een labelsysteem gespecificeerd met daarop de volgende gegevens :

- (1) : de naam van de pomp of van de waterloop of de gemeente waar de pomp voorkomt.
- (2a) : de afkorting van het type pomp (vij = vijzelpomp, sp = schroefpomp, hev = hevelpomp, dom = dompomp, cen = centrifugaalpomp, o = open, g = gesloten, v = verticaal, a = axiaal, \* = ondergronds).
- (2b) : het aantal pompen per pompgemaal.
- (2c) : de capaciteit van één pomp afzonderlijk in m<sup>3</sup>/min.
- (2d) : het saneringscijfer (facultatief)
- (3) : de beheerder van het pompgemaal. Indien meerdere labels op de kaart overlappen dan is de beheerder van de verschillende pompgemalen dezelfde als die van het onderste label uit de rij.

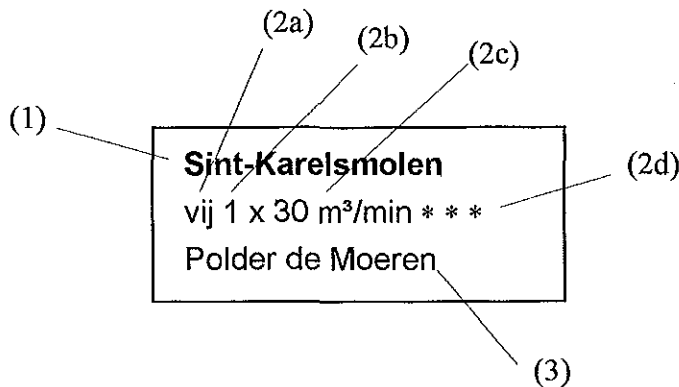


fig. 4.1 voorbeeld van een label met specificaties van een pompemaal. De sterren verwijzen naar de kwotering in tabel 4.1.

Op sommige labels werd eveneens een kwotering aan de pomp gegeven aan de hand van een sterrenstelsel. Hoe meer sterren, hoe schadelijker de pomp voor de vispopulaties (tabel 4.1). De labels op de kaart zonder kwotering (die geen sterren hebben) zijn pompgemalen waarvan er onvoldoende gegevens beschikbaar waren om een sluitende beoordeling te geven.

| kwotering | betekenis  | sterren |
|-----------|--|---------|
| 1         | visvriendelijk pompsysteem                       | *       |
| 2         | behoorlijk visvriendelijk tot beperkt schadelijk | **      |
| 3         | beperkt schadelijk tot schadelijk                | ***     |
| 4         | schadelijk tot zeer schadelijk                   | ****    |
| 5         | prioritair te saneren, zeer schadelijk           | *****   |

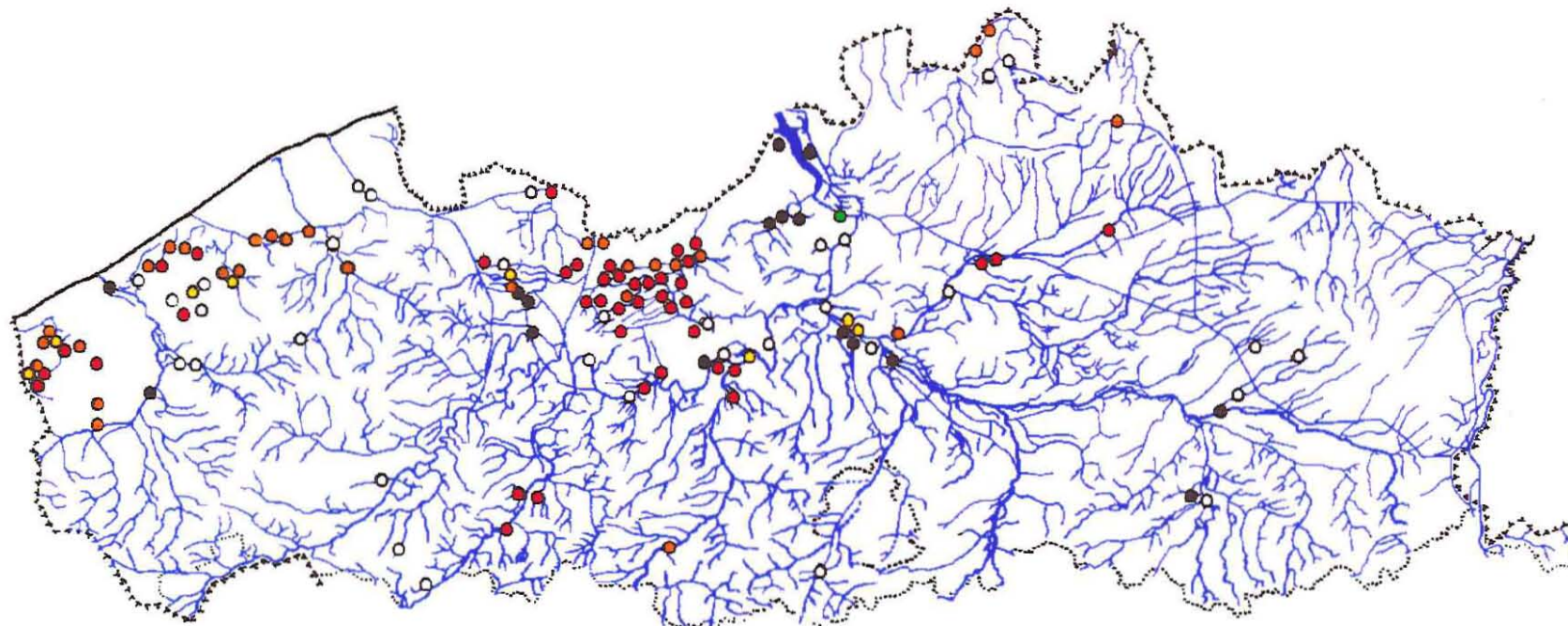
tabel 4.1. : Symbolen en kwotering (=saneringscijfer) gebruikt bij de beoordeling van de schadelijkheid van pompen voor vispopulaties

Voor de kwotering, of de onderzoeksprioriteit van sanering, verder genoemd 'saneringscijfer', werden (voorlopig) drie zaken in rekening gebracht : de omvang van de waterloop, de vermoedelijke waarde van de waterloop als viswater en het type pomp.

Ten eerste de categorie van de waterloop (CAT =getal van 1 tot 3, met 1 als hoogste categorie). Hoe hoger de categorie, hoe groter het afwateringsgeheel dat door het pompemaal beïnvloed wordt en hoe belangrijker het pompsysteem is bij de visschadeproblematiek. Voor de bevaarbare waterlopen werd hier nog geen saneringscijfer berekend.

Ten tweede de V.M.M. classificatie (VMM = getal van 1 tot 5) van de fysico-chemische waterkwaliteit (1991). Bij een gebrek aan een algemene kennis van de visstand van de waters waar de pompgemalen gesitueerd zijn, werd geopteerd om de waterkwaliteitsgegevens van de V.M.M. te gebruiken als waardebeoordeling voor de desbetreffende lokaliteit. Hypothetisch uitgangspunt hiervoor is de verwachting dat waters met een goede waterkwaliteit ook een goede visstand zullen herbergen. Hiertoe werd de kaart met de pompgemalen vergeleken met de waterkwaliteitskaart van de Vlaamse Milieumaatschappij. Aan de hand van fysico-chemische

## Pompgemalen in Vlaanderen



- geen advies
- 1 ● visvriendelijk pompsysteem
- 2 ● behoorlijk visvriendelijk tot beperkt schadelijk
- 3 ● beperkt schadelijk tot zeer schadelijk
- 4 ● schadelijk tot zeer schadelijk
- 5 ● zeer schadelijk (prioritair te saneren)



K.U.LEUVEN  
Laboratorium voor ecologie  
en Aquacultuur



Instituut voor Bosbouw  
en Wildbeheer







meetgegevens wordt door de V.M.M. een kwaliteitsindex (basisprati-index) bepaald op basis van het percentage zuurstofverzadiging, de chemische zuurstofvraag (COD) en de ammoniakale stikstof ( $\text{NH}_4^+\text{-N}$ ). Op basis van deze basisprati-index worden de waterlopen in waterkwaliteitsklassen ingedeeld :

Klasse 1 : niet verontreinigd

Klasse 2 : aanvaardbaar

Klasse 3 : matig verontreinigd

Klasse 4 : verontreinigd

Klasse 5 : zwaar verontreinigd

Hoe zuiverder het water hoe meer belang het water heeft voor vispopulaties, hoe schadelijker de pomp. Pompsystemen op rivieren die biologisch dood zijn geven uiteraard geen visschade. Merk hierbij op dat de waterkwaliteit geen statisch gegeven is. Bij een verbetering van de waterkwaliteit ten gevolge van een verstrenge controle op lozingen en het uitbouwen van waterzuiveringsinstallaties bestaat de kans dat de fauna in de waterlopen kwalitatief en afhankelijk van de situatie ook kwantitatief zal toenemen. Uiteraard is het dan ook belangrijker om deze populaties beter te gaan beschermen tegen de negatieve impact van pompgemalen.

Een derde factor die in het kwoteringssysteem werd opgenomen is het type pomp (TYP = getal van 1 tot 3). Een hevelpomp krijgt de waarde 0, een centrifugaalpomp krijgt de waarde 1. Een vijzelpomp de waarde 2, en een schroefpomp de waarde 3 (Deze waarden volgen uit de resultaten van het eigen onderzoek in hoofdstuk 3). Hoe hoger dit cijfer, hoe schadelijker de pomp. Het saneringscijfer werd als een gewogen gemiddelde van de 3 cijfers berekend :

$$\text{saneringscijfer} = [(4\text{-CAT}) * 5/3 + (6\text{-VMM}) + \text{TYP} * 10/3] / 4$$

Het 'type pomp' werd twee keer zo belangrijk geacht dan de andere cijfers en dit om een voldoende spreiding te krijgen in het saneringscijfer. Het saneringscijfer werd afgerond naar een geheel getal. Het aantal sterren op de kaart komt overeen met het saneringscijfer. Dit saneringscijfer, dat kan variëren van 1 tot 5, geeft bijgevolg de saneringsprioriteit weer.

## 2. Bespreking van de resultaten

Op de kaart komt duidelijk naar voor dat het merendeel van de pompgemalen in de lageregelegen gedeelten van het Vlaamse Gewest ingeplant staan. Dit zijn de Kustpolders, de Scheldepolders rond Antwerpen en de streek ten Noorden van Gent. Het voorkomen van pompgemalen in de polders is historisch gegroeid. Het droogleggen van de gebieden heeft ervoor gezorgd dat het onderliggend materiaal in de bodem (veen) is gaan inklinken zodat er verzakkingen zijn ontstaan. Bepaalde streken, waaronder de Moeren aan de Franse grens in West-Vlaanderen zijn zelfs lager gelegen dan de zeespiegel.

Over het hele Vlaamse Gewest zijn reeds 130 pompgemalen geïnventariseerd. Oost-Vlaanderen is de provincie met het meest aantal pompgemalen (57). Dit is 43.8%. West-Vlaanderen komt op de tweede plaats met een totaal van 42 (=32.3%) pompgemalen, daarna volgt Antwerpen met 24 (=18.5%). Brabant en Limburg zijn de provincies met het minst aantal pompgemalen. In Brabant staan er 3 pompgemalen (= 2.3%), terwijl Limburg er 4 heeft (=3%) (zie fig. 4.2).

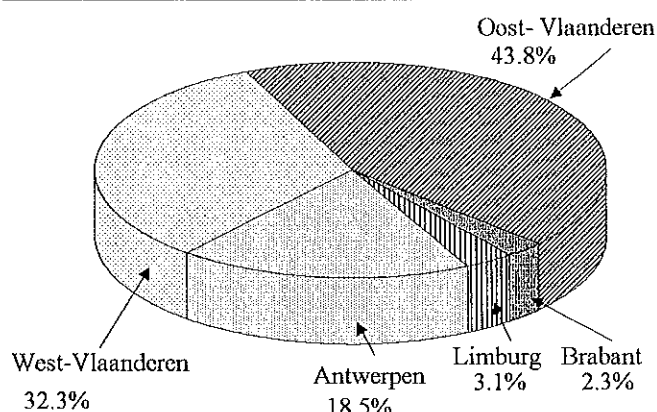


Fig.4.2 De verdeling van de pompgemalen over de provincies van het Vlaamse Gewest

Van die 130 pompgemalen is één ervan een hevelpomp, 12 (=9.2%) zijn centrifugaalpompgemalen, 29 (=22.3%) zijn vijzelpompgemalen, 12 (=9.2%) pompgemalen werken met dompelpompen en 64 (=49%) pompgemalen zijn schroefpompgemalen. Bij de overige pompgemalen (12) is het type onbekend (fig. 4.3).

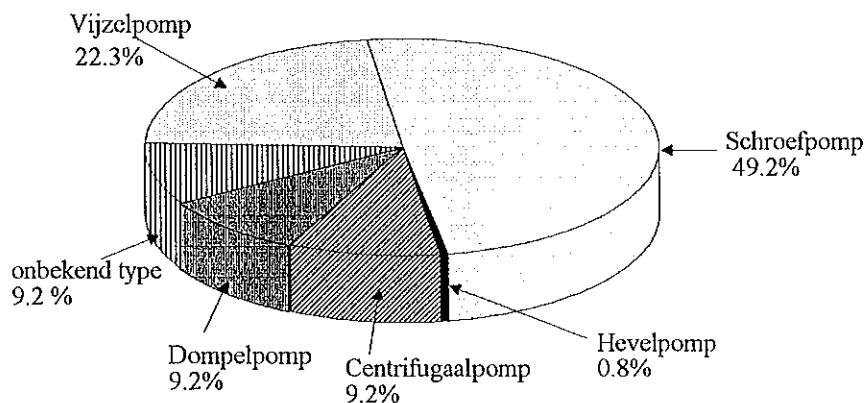


Fig. 4.3 De verschillende types pompgemalen in het Vlaamse Gewest.

De helft van het aantal pompgemalen in het Vlaamse Gewest bestaan uit schroefpompen. Deze schroefpompen staan vooral in Oost-Vlaanderen. Een kwart van het aantal pompgemalen zijn vijzelpompgemalen. Het grootste aantal vijzelsystemen staan opgesteld in West-Vlaanderen (cfr. bijlage tabel 2).

Van 31 op de 130 pompgemalen kon het saneringscijfer niet bepaald worden wegens gebrek aan technische informatie. Bij toepassing van het saneringscijfer op de overige 99 pompgemalen krijgen we volgende verdeling :

Kwotatie 1 : 1 pompgemaal valt onder 'visvriendelijk'. Dit is de hevelpomp in Laarbeek.

Kwotatie 2 : 8 pompgemalen zijn als onschadelijk of weinig schadelijk te beschouwen voor de visstand. Hieronder vallen 7 centrifugaalpompen en 1 vijzel.

Kwotatie 3 : weinig schadelijk tot schadelijk zijn 29 pompen, hoofdzakelijk vijzelpompen, 4 pompgemalen hebben centrifugaalpompen en 2 pompgemalen bezitten gesloten schroefpompen.

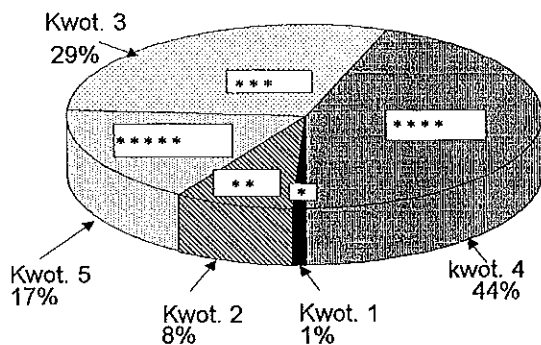


fig. 4.4 De verdeling van de saneringscijfers over de diverse pompgemalen

Kwotatie 4 : 44 pompgemalen zijn schadelijk tot zeer schadelijk voor de visstand. Hieronder zijn 5 vijzelgemalen en 39 schroefpompgemalen.

Kwotatie 5 : 17 pompgemalen (allen schroefpompgemalen) worden beschouwd als enorm schadelijk voor de visstand. Volgende pompgemalen komen in aanmerking voor een prioritaire sanering (zie kaart en bijlage tabel 3) : (1) Veurne-Ambacht op de Koolhofvaart en Beverdijkvaart te Nieuwpoort, (2) pompgemaal te Woumen op de Stenensluisvaart, (3) Keetberg op de Karper Reed in Melsele, (4) Leiken in Waarschoot langs de Lieve, (5) Lieve II op de Lieve, (6) Stenegoot op de noordzuid verbinding van Verrebroek, (7) Vinderhoute-pomp in Vinderhoute, (8) Pompgemaal in de Donkstraat in Ruisbroek op de Vliet, (9) Pompgemaal in de Gansbroekstraat op de Zielbeek in Ruisbroek, (10) Twaalf Sluiskens in Antwerpen, (11) Vlaemschen Dijk op de waterloop 1801 A, (12) Vliet op de Rupel bij Puurs, (13) Vrouwvliet op de Dijle te Mechelen, (14) Watermolen op de waterloop 1801 A, (15) Zielbeek op de Rupel bij Ruisbroek, (16) pompgemaal te Zoutleeuw op de Kleine Gete en (17) Schulensbroek op de omleidingsgracht van de Zwarte Winterbeek.

Bij de beoordeling van de schadelijkheid van pompgemalen en het toekennen van een kwotering moet men rekening houden met onderstaande beperkingen.

Het saneringscijfer is slechts indicatief en dient in de toekomst verder verfijnd te worden. Een grondige sitegebonden terreinevaluatie in een integraal kader is aangewezen vooraleer het besluit tot saneren (afweersystemen, vispassages) te treffen.

Het cijfer houdt geen rekening met de frequentie van werken van de pomp. Hoe meer een pompgemaal draait, hoe groter de kans op visbeschadiging. Het houdt eveneens geen rekening met het toerental van de pomp en de te verwerken debieten. Te weinig technische gegevens waren beschikbaar om ook deze factoren in de berekening van het saneringscijfer op te nemen.

Een lage V.M.M.-klassificatie van de fysico-chemische waterkwaliteit is niet steeds synoniem voor een hoge en gevarieerde visstand. Bovendien komen de V.M.M.-staalnamepunten niet altijd overeen met de exacte locatie van de pompgemalen. In de polder van Moervaart en Zuidlede zou het vaak gaan om het verpompen van rioolwater in de waterlopen in plaats van oppervlaktewater. Dit zou het geval zijn voor het pompgemaal Kouterbosbeek, Rodenhuyze, De Lange Kromme, St.-Kruis Winkel, Lange Lede, Zaffelare I, het ondergemaal Zaffelare, Stenenbrug en de Weehage. Op de kaart werd vaak 4 sterren aangebracht op de labels, wat uiteraard niet relevant is voor de schadelijkheid van het pompgemaal voor vispopulaties.

Vermoedelijk gaat in de meeste gevallen het saneringscijfer wel op. Dit is alvast het geval voor Veurne-Ambacht en Woumen (West-Vlaanderen), waar de situatie ter plekke reeds bestudeerd

---

werd (DENAYER EN BELPAIRE, 1992A). Veurne-Ambacht is vanuit visserijbiologisch standpunt een uiterst schadelijke pomp (palingmigratie uit de Noordwatering van Veurne). Zo moet eveneens het pompgemaal in Woumen dringend gesaneerd worden. Deze pomp staat op de Stenensluisvaart, dit is een belangrijke migratieroute voor de geslachtsrijpe naar zee trekkende palingen uit het Blankaartbekken.

## HOOFDSTUK 5 : POMPGEMALEN EN SCHADE AAN DE VISSSEN : JURIDISCH-BELEIDSMATIGE ECONOMISCHE EN TECHNISCHE ASPECTEN

Aan de problematiek rond migratiehinder en visschade door de werking van pompgemalen zijn een aantal juridisch-beleidsmatige, economische en technische aspecten verbonden. Een integrale benadering is hier aan de orde.

### 1. Juridisch-beleidsmatige aspecten

De wettelijke bescherming van vis wordt rechtstreeks of onrechtstreeks door meerdere wettelijke bepalingen vastgelegd.

In België worden vissen beschermd door de wet op de riviervisserij van 1 juli 1954. Voor Vlaanderen werd bepaald welke vissoorten volledig beschermd zijn (B. VI. Ex. 20 mei 1992), welke de minimum vangstmaat is voor de verschillende vissoorten, met welke tuigen en in welke jaarperiodes men mag vissen. Het leefmilieu van de vis wordt onrechtstreeks beschermd door de wetten die de kwaliteit van het oppervlaktewater regelen. (K.B. 17.02.84 - B. VI. Ex. 21.10.87 - K.B. 4.11.87 - B. VI. Ex. 21.10.87) (BRUYLANTS *et al.*, 1989).

Eveneens is er op Europees vlak een lijst opgemaakt met vissoorten die moeten beschermd worden (Verdrag van Bern - 19 september 1989 - B.S. 4 september 1992) (DE PUE *et al.*, 1992 ; VERBIEST *et al.*, 1993).

Nochtans moet gesteld worden dat bescherming van bedreigde vissoorten (en diersoorten in het algemeen) door het opnemen in een limitatieve lijst zijn werking mist zolang het **biotoop** en de **migratiewegen** van die soorten niet beschermd worden. Bemerkt dat Vlaanderen **nog geen wet** heeft die het mogelijk maakt migratieroutes te vrijwaren of te openen zodat migrerende vissoorten zich ongehinderd kunnen verplaatsen tussen hun opgroei-gebieden en voortplantingsgebieden.

Op internationaal en regionaal niveau zijn er reeds een aantal **adviezen** of beleidsnota's geformuleerd om een oplossing te bieden voor het probleem van de migratiehinder.

(1) Op internationaal vlak dringt de FAO, European Inland Fisheries Advisory Commission, Working Group on Eel er sterk op aan dat de EIFAC lidstaten een inspanning zouden doen om de migratie van de paling mogelijk te maken en biotoopverbeteringen voor deze soort na te streven. (BELPAIRE, 1991a)

(2) Op Vlaams niveau kwam op 27 juli 1992 een richtnota van de Gemeenschapsminister van Leefmilieu en Huisvesting in dat verband : "Ik heb eveneens het voornemen om op de onbevaarbare waterlopen van het gewest alle hindernissen die vissen verhinderen te migreren op te heffen. Dit kan door het bouwen van vistrappen en/of aangepaste stuwen en kleppen." (RICHTNOTA, 27.07.92) Infeite is dit een bevestiging van wat reeds vermeld stond in het MINA-plan van de voormalige Milieuminister T. Kelchtermans ; ook hier werd de aanleg van vispassages gepland (MINAPLAN 2000).

De uitwerking van deze intenties kan optimaal gebeuren via de werking van de diverse bekkencomités en de Ecologische Impulsgebieden. In de bekkencomités wordt gestreefd naar een integrale benadering. Naast aspecten van waterkwaliteit en waterkwantiteit komt ecologie aan bod. Binnen deze totaalvisie gaat tevens aandacht uit naar het verbeteren van het visbiotoop en de migratiewegen.

In een aantal Ecologische Impulsgebieden kunnen maatregelen ter bescherming van de natuurlijke visstocks en de bevordering van migratie operationeel gemaakt en uitgewerkt worden.

Overstroombare gebieden zoals de IJzervallei (een watergebied van internationale betekenis : E.G. richtlijn 22 februari 1979 - B.S. 01.08.87), de Handzamevaart en een deel van de Polders in het IJzerbekken zijn van cruciaal belang als opgroeizone voor een aantal vissoorten. Bijzondere aandacht wordt gevraagd voor het verbeteren van het visbiotoop en de migratiewegen. Een inventarisatie werd gestart van de mogelijke knelpunten voor migratie langs de waterlopen, welke fungeren als natuurverbindingsgebieden. (DENAYER EN BELPAIRE, 1992a en DENAYER, 1994). In het kader hiervan wordt de Kemmelbeek gedecompartimenteerd en voorzien van vistrappen (GERMONPRÉ *et al.*, 1993).

## 2. Economische aspecten

Bij het plaatsen van pompgemalen wordt een kosten-baten analyse doorgevoerd. Enerzijds hebben we de investerings-, werkings- en onderhoudskosten, anderzijds hebben we voordelen voor de verschillende belangengroepen (landbouw, scheepvaart, huisvesting ...) en de rampschadeverwachting. De rampschadeverwachting is de kans op schade die kan optreden indien het gebied zou overstromen (VANDER MADE, 1975).

In de berekening van de kosten-baten analyse van pompgemalen wordt momenteel nog geen rekening gehouden met de 'ecologische' schade aan het natuurlijk milieu en haar biodiversiteit (o.a. schade aan vispopulaties) die deze waterbouwkundige constructies zouden kunnen veroorzaken. Dit zijn de negatieve externaliteiten.

Indien we - na grondig terreingebonden onderzoek - een idee hebben van de totale biomassa vis die in het gebied, waar het gemaal opgesteld is, voorkomt, en we kunnen berekenen hoeveel procent schade een pompgemaal veroorzaakt dan kunnen we het economisch verlies dat hieraan gekoppeld is afleiden. Het economisch verlies kan berekend worden aan de hand van (1) de prijzen die voor de vissen worden gegeven op de markt<sup>1</sup> verhoogd met het percentage afname in het nakomelingschap, (2) de kostprijs voor de extra bepofingen in het gebied, (3) het verlies aan visverloven (en dus inkomsten) door een daling van de visstand eventueel veroorzaakt door het gemaal. De kosten dienen samen met andere kosten (investeringskost, onderhoudskost, werkingskost) voor een aantal jaar berekend te worden aan de hand van een kosten-baten analyse

$$\frac{\text{totale kosten}}{\text{totale baten}} = \frac{\sum \frac{c^t}{(1+r)^t}}{\sum \frac{b^t}{(1+r)^t}}$$

- met t = het aantal jaar dat het pompgemaal werkt  
 b = de diverse baten van een pompgemaal  
 c = de diverse kosten van een pompgemaal  
 r = de discountratio (van de wijziging van de geldwaarde) (RANDALL, 1987)

<sup>1</sup>Voor zeldzame vissen die niet op de markt verhandeld worden kan men een hypothetische prijs instellen (op basis van bestaanswaarde en optiewaarde).

Wegen de kosten te zwaar door op de baten (te bepalen door vooraf een grens vast te leggen voor de kosten/baten verhouding) dan moet men afzien van het plaatsen van een pompgemaal en naar andere oplossingen zoeken. Deze berekeningswijze mag in geen geval los gezien worden van alle andere benaderingsaspecten (juridische en technische aspecten tesamen met de wenselijkheid van het pompgemaal).

### 3. Technische aspecten

#### 3.1. Het saneren van bestaande pompgemalen via het aanleggen van vispassages en het omleiden van vis

Eenzijds kunnen we de bestaande pompgemalen evalueren en indien nodig saneren. Dit kan gebeuren aan de hand van allerlei constructies ter preventie van het opzuigen van vissen en constructies voor het omleiden van vissen (GERMONPRÉ, 1993). De werking is terreinafhankelijk en afhankelijk van de soorten vis die in het gebied voorkomen. Conventionele denil- en bekkenvistrappen kunnen bij pompgemalen niet gebruikt worden vermits er dan een te grote terugvloeit van het opgepompte water is. In bepaalde gevallen is het echter wel mogelijk om pompsystemen te wijzigen door het aanbrengen van gepaste roosters in combinatie met visvergaarbakken voorzien van een terugvloeikanaal of door de instroomopening te positioneren.

Praktischer zijn de afschrikkings- en omleidingsystemen die de vissen weren vóór ze in de aanzuigstrooming terechtkomen.

Mogelijke afweersystemen zijn de plaatsing van een bellenscherm, het creëren van een elektrisch veld, het aanwenden van kunstmatige verlichting (zowel boven als onder het water), het gebruik van een stroboscopische lichtbron of het uitbrengen van geluids- of drukgolven. Elk van deze alternatieven heeft voor- en nadelen en de bereikte efficiënties zullen sterk afhankelijk zijn van de lokale omstandigheden.

##### - Bellenscherm

Een luchtbellengordijn vóór de inzuigstrooming blijkt eerder weinig vissoorten af te schrikken. Alleen voor de driedoornige stekelbaars kon aangetoond worden dat deze significant minder ingezogen werd (HADDERINGH, 1979).

##### - Elektrische afweersystemen

Het opwekken van een elektrisch veld als afweermiddel voor vis blijkt onder laboratoriumomstandigheden zeer effectief. Onder veldcondities in de praktijk zullen o.a. wisselende waterkwaliteit (conductiviteit) en sterk fluctuerende wierconcentraties remmend werken op het optimaal renderen van dergelijke elektroschermen.

##### - Geluid en drukgolven

Het gebruik van geluid en drukgolven is niet altijd even duidelijk. Kunstmatig mechanisch of pneumatisch voortgebrachte drukgolven geven een beter afschrikkingsresultaat dan geluid (DENAYER *et al.*, 1991).

##### - Lichtafweer

Zowel in laboexperimenten als in het vrije veld lijken kwikdamplampen die gefilterd licht verspreiden zeer efficiënt te werken (DAVID EN PATRICK, 1985). Vooral palingen schijnen

goed te reageren op de lichteffecten, in het bijzonder op wit knipperlicht (400-570nm) (HADDERINGH EN VAN DER STOEP, 1991). Via onder- en bovenwaterverlichting moet een lichtintensiteit van 100 lux kunnen gegarandeerd worden. Een dergelijke aanpassing van een bestaand pompgemaal met een lichtscherm werd reeds uitgewerkt voor het centraal pompgemaal van Nieuwpoort (advies IBW.Wb.adv.92.006).

In de praktijk kan het afschrikken van vissen ter hoogte van het bestaande pompgemaal gecombineerd worden met het omleiden van de vissen naar een nieuw kleinschalig visvriendelijk pompsysteem.

### 3.2. Visvriendelijke(r) pompgemalen

Uit deze studie blijkt dat de impact van pompgemalen op vispopulaties, alsook de aard van de veroorzaakte schade sterk kan verschillen naargelang het type pomp. Schroefpompen zijn zeer schadelijk voor de vissen en dienen daarom geweerd te worden. De ander pompsystemen worden hier nog even kort becommentarieerd.

#### - De hevelpomp

De hevelpomp is een visvriendelijk pompsysteem. Daar het pomptype enkel kan gebruikt worden om te hevelen van een hoger naar een lager gelegen zone, zijn haar toepassingsmogelijkheden eerder beperkt. Ook de capaciteit van dit pompsysteem is gering. Het voordeel van het systeem is het ontbreken van bewegende delen. Het kan naast een pompgemaal geplaatst worden en gebruikt worden als vispassage systeem om te hevelen in de richting van een hoger naar een lager gebied (cfr. hfdst. 2 par. 5).

In Nederland loopt een onderzoek met hevelvispassages voor stekelbaars. Figuur 5.1 geeft een schematische dwarsdoorsnede van de vispassage.

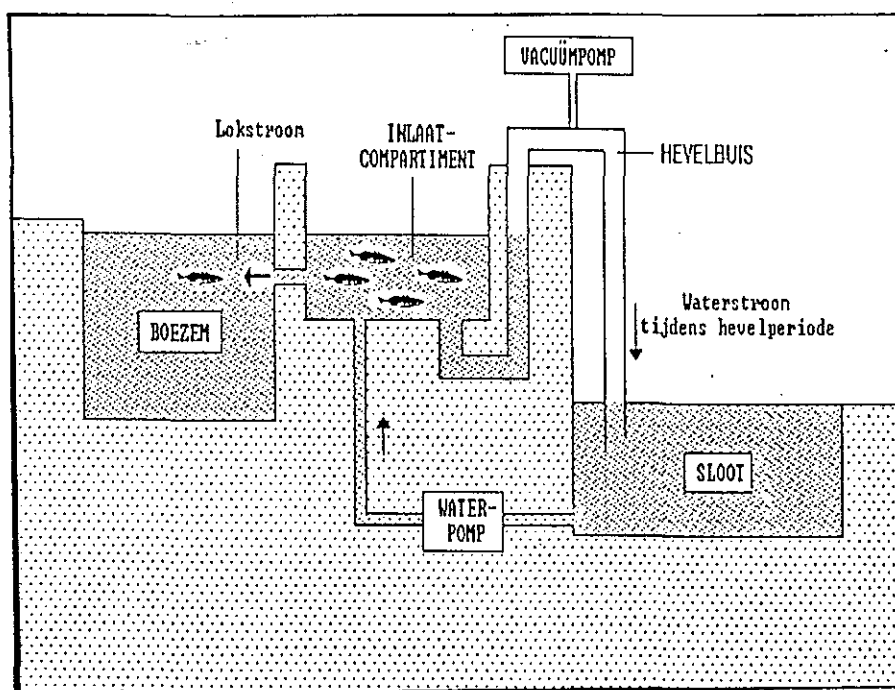


Fig. 5.1 : Dwarse doorsnede doorheen een hevelvispassage (KEMPER, 1991).



Het centrale deel van de passage is het inlaatcompartiment. Dit compartiment is een betonnen bak van ongeveer 8 m. Een waterpomp zorgt er voor dat slootwater uit de polder door een ondergrondse pijp in het inlaatcompartiment terecht komt. Een klein gedeelte stroomt vervolgens vanuit het inlaatcompartiment via een smalle opening de boezem in. Stromend water is een lokmiddel voor trekkende vissen die terecht komen in het inlaatcompartiment. Ongeveer tien maal per dag slaat de vacuümpomp aan en zuigt het water in de hevelbuis aan. Daarna wordt het water met de vis overgeheveld naar een lager niveau. Is het inlaatcompartiment leeg, dan stopt de hevelwerking vanzelf. Het inlaatcompartiment vult zich dan opnieuw (KEMPER, 1991).

### **- De centrifugaalpompe**

Een centrifugaalpompe geeft weinig visschade (cfr. eigen onderzoek). Bovendien kunnen er in het pomphuis een aantal visvriendelijke waaiers worden gebruikt zodat de schadedrempel merkbaar verlaagd (onderstaande gegevens afkomstig van een marktonderzoek).

- (1) De hydrostale of schroefcentrifugaalpompe is een gepatenteerde pompe van Martin Ståle (1960). De waaier werd vervangen door een krulvormige schroef die wat op een vijzel gelijkt (fig. 5.2). Het hydraulisch rendement is hoger dan 80% en de pompe werd speciaal ontworpen voor het verpompen van kwetsbare goederen. Proeven op vissen werden uitgevoerd in het buitenland (cfr. hfdst. 3).
- (2) De centrifugaalpompe met teruggetrokken waaier. Slechts 15% van het water komt in contact met het schoepenwiel, die dieper in het pomphuis is ingeplant dan bij conventionele centrifugaalpompen (fig. 5.3).
- (3) De horizontale éénkanaalwaaiercentrifugaalpompen. Dit type wordt toegepast voor het transport van ongereinigd afvalwater, dat grove of langvezelige bijmengsels bevat, alsmede voor het hydraulisch transport van kwetsbare goederen, zoals fruit, groente aardappelen en vis. Enkel vissen kleiner dan 10 cm gaan onbeschadigd door een pompe met capaciteit 60 m<sup>3</sup>/min (fig. 5.4).

De constructiewijze van een aantal pomptypes laat niet steeds toe een voldoende hoge pompcapaciteit te garanderen. Eventueel kunnen ze naast een bestaande pompinstallatie gezet worden zodat vissen (a.d.h.v. afleidingssystemen) gebruik kunnen maken van deze systemen. De industrie kan bijkomend gestimuleerd worden nieuwe concepten uit te werken met een hogere capaciteit.

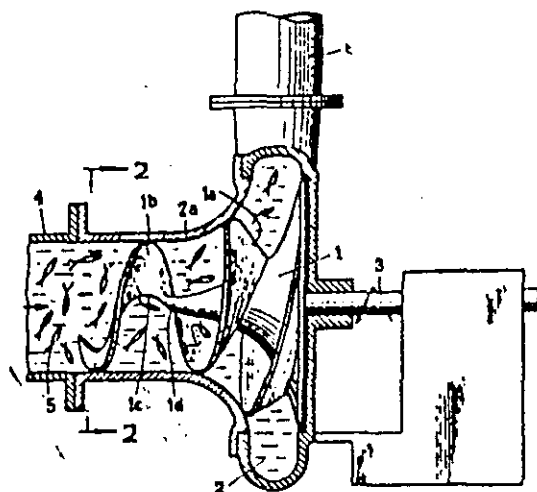


Fig. 5.2. Doorsnede doorheen een hydrostalpomp

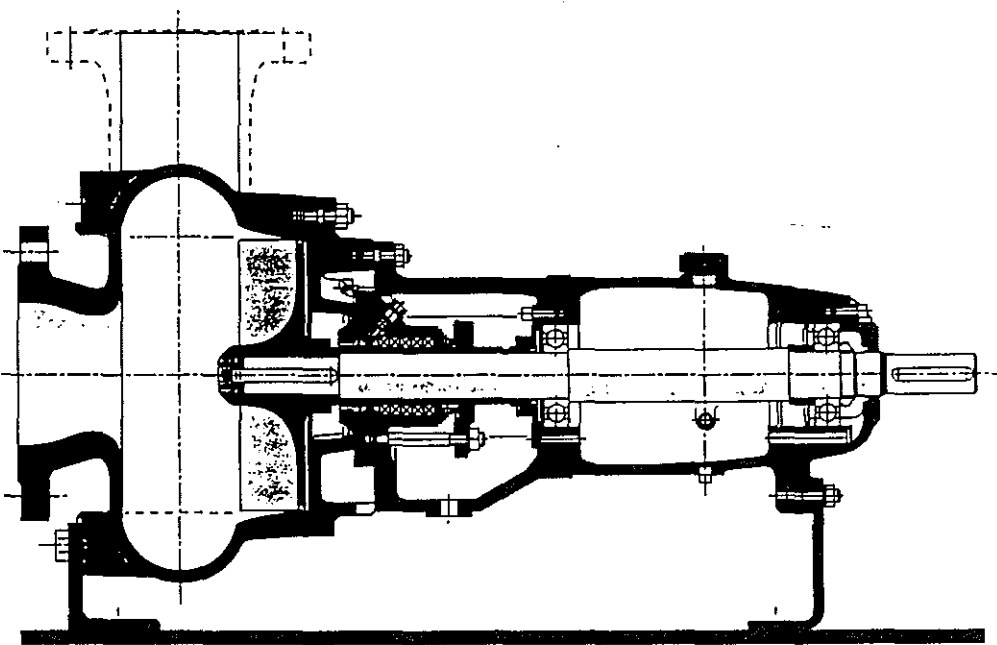


Fig 5.3. Doorsnede doorheen een centrifugaalpomp met teruggetrokken waaier

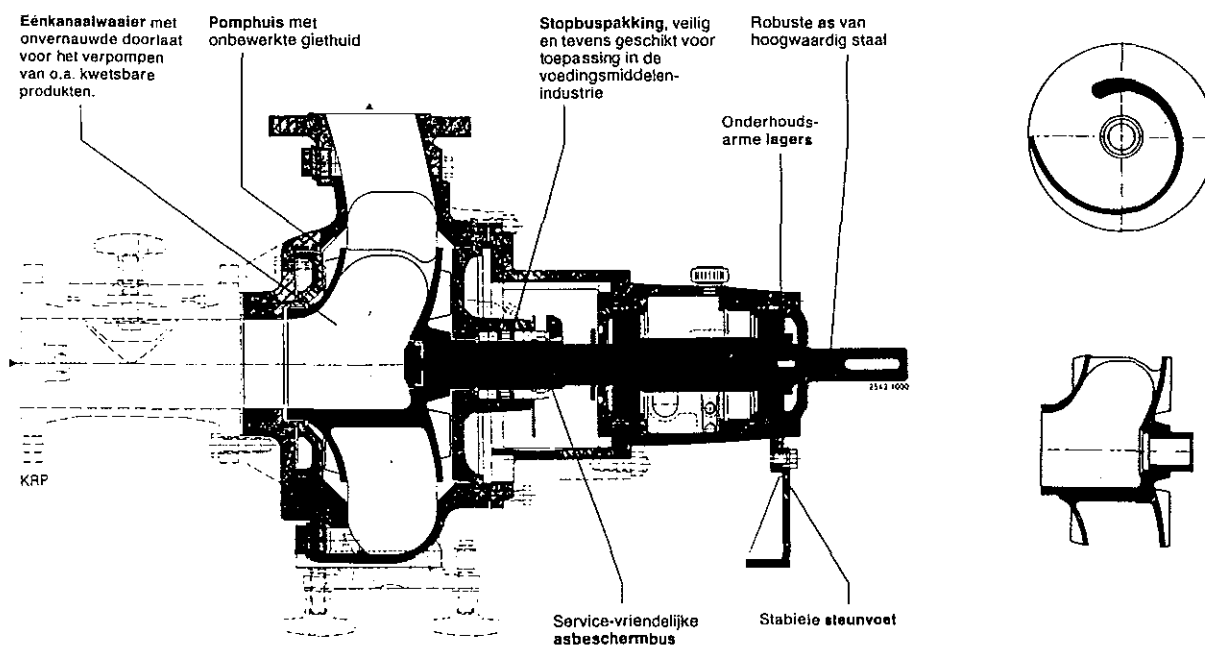


Fig. 5.4. Doorsnede doorheen een horizontale éénkanaalwaaiercentrifugaalpomp en doorsnede van het visvriendelijke schoepen.

### - De vijzelpomp

De vijzelpomp kan grote debieten verwerken en kan in een aantal gevallen behoorlijk visvriendelijk functioneren. De visschade kan sterk gereduceerd worden indien men rekening houdt met onderstaande eigenschappen :

- 1) TRAAGDRAAIENDE in plaats van sneldraaiende vijzels. Hoe trager de vijzel, hoe beter. Hierdoor wordt de visschade beperkt vermits de contactfrequentie van de vissen met de vijzelrand verkleind wordt.
- 2) Eén GROTE (traagdraaiende) vijzel in plaats van meerdere kleine vijzels per pompgemaal. Hoe groter de vijzel, hoe beter.
- 3) CONTINUE draaiende vijzels met laag verwerkingsdebiet zijn beter dan snelle discontinue draaiende vijzels met hoog verwerkingsdebiet. Vissen worden in het eerste geval minder aangetrokken door de aanzuigstrooming.
- 4) Vijzels met REGELBAAR toerental : in normale situaties dient de vijzel traag te draaien. In geval van overstromingsgevaar kan met het toerental opdrijven.
- 5) Onder het gemaal moet een klep worden voorzien zodat GRAVITAIRE LOZINGEN in bepaalde situaties mogelijk worden. Zo hoeft de pomp niet steeds te werken wat economisch en ecologisch (migratiemogelijkheid) voordeliger kan zijn. Dergelijke lozingsklep werd reeds voorzien in het pompgemaal in de omgeving van Ramskapelle (cfr. bijlage foto 12 en fig. 5.5).
- 6) Kleinschalige vijzels, visvriendelijk ontworpen, kunnen GECOMBINEERD worden met de bestaande schroefpompgemalen.

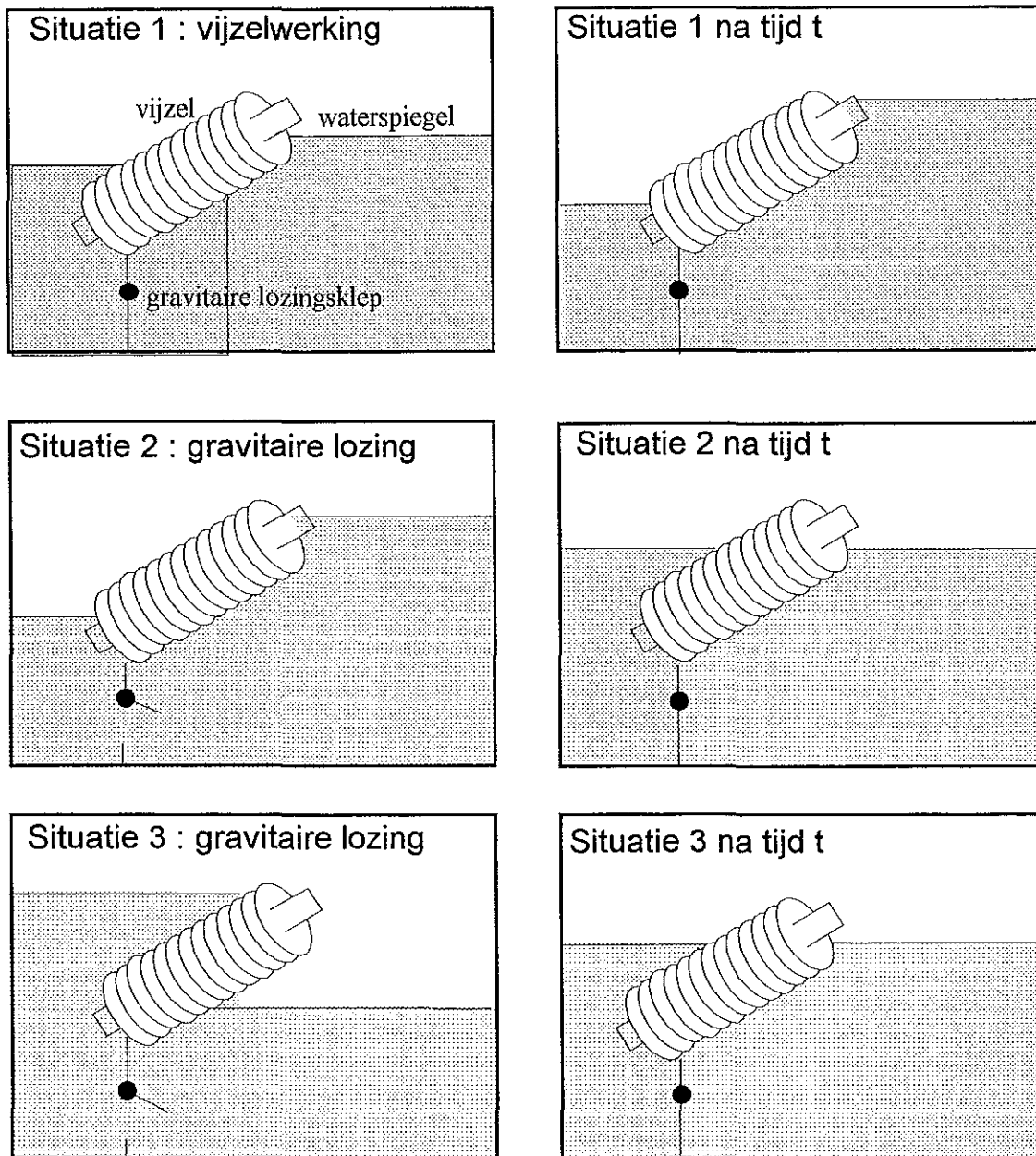


Fig. 5.5 Schematische voorstelling van de werking van een gravitaire lozingsklep. Situatie 1 : de pomp wordt in gang gezet wil men het overtollige water wegpompen. Situatie 2 : het waterniveau is gezakt ('s zomers) en de landbouw heeft een tekort aan water. De gravitaire lozingsklep kan worden opengemaakt. Situatie 3 : door een overvloedige regenval is het waterniveau hoger vóór de pomp dan erna. In plaats van de traditionele pompwerking kan de klep onderaan opengemaakt worden.

## 4. Pompgemalen en de relatie tot het integraal waterbeheer

Momenteel wordt de waterbeheersing, en de hiertoe benodigde waterbeheersingsinfrastructuur, ontworpen op een snelle en efficiënte afvoer van overtollig water, inclusief de piekafvoeren van kortstondige en hevige regenbuien. Bovendien veroorzaakt normalisatie van waterlopen, riolering en drainage van gronden en een toename van verharde oppervlakten (industrieterreinen, bebouwing en wegeaanleg) een versnelde aanvoer van water naar en in de waterlopen. Wateroverlast zal zich hierdoor op de benedenlopen manifesteren.

Een waterbeheer, gericht op de snelle evacuatie van water, vereist steeds grotere, op piekdebieten gedimensioneerde waterbeheersingsinfrastructuur en zal bovendien verdroging in de hand werken (met als gevolg een inefficiënt beheer van de zoetwaterreserve voor landbouw en drinkwaterwinning).

Een integraal waterbeheer gaat uit van het verhogen van de komberging van de waterlopen en de bovenstroomse afvlakking van de wasdebieten. Overdimensionering van waterlopen, het herstellen van de relatie waterloop/ overstroombare uiterwaarden en het respecteren van zacht hellende natuurlijke oevers dragen hiertoe bij.

In heuvelachtige gebieden zal het waterbeheer het natuurlijke valleiprofiel (winterbed en zomerbed) van wateren respecteren in relatie tot de ruimere omgeving. Valleiprofielen met behoud van natuurlijke oeverstroken in het winterbed van de waterlopen kunnen bijdragen tot het behouden en/of herstellen van meandering, diepte/ondiepten en aanslibbingszones in de waterloop, structuurkenmerken welke de afvoer van water naar benedenstroomse gebieden zullen vertragen en wasdebieten zullen aftoppen. Bovendien zal de vegetatieontwikkeling langs de oeverstroken van de waterloop de natuurlijke draagkracht van het ecosysteem en het zelfreinigend vermogen verhogen.

In geurbaniseerde of geïndustrialiseerde gebieden dient aandacht besteed te worden, enerzijds aan het reduceren van de afvoer van water, anderzijds aan het ophouden of bufferen van de piekdebieten. Reduceren van de waterafvoer is mogelijk door het verbeteren van de opname van neerslag in de bodem. (niet of beperkt verharde percolatieoppervlakten). In het rioolstelsel kan een extra berging voorzien worden. Nabij verharde industrieterreinen, riooloverstorten, woonkernen en de verkeersinfrastructuren kunnen bufferbekkens wasdebieten in neerslagperiodes opvangen.

Een minder dynamisch waterbeheer, gericht op de retentie en het ophouden van het bovenstrooms water, zal, door het afvlakken van de wasdebieten de te stellen eisen aan de waterbeheersinfrastructuur reduceren. Minder grootschalige gemalen en/of trager draaiende systemen kunnen in deze context reeds voldoen en instaan voor het waterbeheer.

## BESLUIT EN SAMENVATTING

In de laaggelegen gebieden van het Vlaamse Gewest werden pompgemalen gebouwd om in het kader van de waterbeheersing het overtollige water weg te pompen. Aldus werd overstromingsgevaar geminimaliseerd en konden sommige percelen door die ontwatering een meerwaarde krijgen voor de agrarische sector.

Bouw en werking van deze kunstwerken hebben zeer diverse gevolgen voor het milieu. De verregaande ecologische implicaties van de werking van deze pompen en de hiermee gepaard gaande waterpeilverlaging zijn o.a. herkenbaar als een floraverarming (banalisering) en een teloorgang van onze waterrijke biotopen en de daarmee geassocieerde flora en fauna.

Ook op de visstand werken pompgemalen zeer ingrijpend in. Meegezogen vissen worden rechtstreeks beschadigd en afhankelijk van het pomptype zal de rechtstreekse mortaliteit al of niet hoog zijn. Anderzijds werken pompen ook isolerend op de vispopulaties. Vissoorten die van het ene gebied naar het andere gebied trekken om zich voort te planten staan noodzakelijkerwijze blootgesteld aan de pompwerking. Migrerende vissoorten moeten het pompgemaal kunnen passeren om hun levenscyclus te voltooien. In veel gevallen is dit niet meer mogelijk. Hoogst waarschijnlijk geen enkele van de geslachtsrijpe zilverpalings uit het Blankaartbekken bereikt levend de IJzermonding. Door deze negatieve impact zijn pompgemalen mede oorzaak van het verdwijnen van vissoorten in ons gewest.

Op de Vlaamse rivieren treffen we een aantal pompgemalen aan waarvan de meeste op kaart zijn gebracht. Ze worden beheerd door verschillende overheidsinstanties, namelijk : de Landelijke Waterdienst, de verschillende Polders en Wateringen, de Administratie Waterinfrastructuur en Zeewezen en de Technische Diensten van de Provincies en Gemeenten. De 130 geïnventariseerde pompgemalen kunnen uitgerust zijn met vijzelsystemen (22.3%), centrifugaalpompen (9.2%), schroefpompen (49.2%), dompelpompen (9.2%) en hevelpompen (0.8%).

Een eerste onderzoek gebeurde op het schroefpompgemaal te Woumen (Diksmuide). Hier was een kwantitatieve analyse van mortaliteit en schade onmogelijk. Aan de hand van fotomateriaal werd wel de aard en de ernst van de schade vastgesteld. De opgevangen vissen waren onherkenbaar verminkt of in tweeën gehakt door de sneldraaiende propeller van de schroefpomp. Deze verregaande beschadiging werd niet teruggevonden bij vissen die een vijzel- of een centrifugaalpomp passeren.

Een tweede onderzoek op visschade en mortaliteit werd uitgevoerd op het vijzelpompgemaal de 'Sint-Karelsmolen' in de Moeren nabij Veurne (West-Vlaanderen). De mortaliteit was sterk afhankelijk van de soort vis en varieerde van 3.5% (paling) tot 43.9% (voorn). De schade was ongeveer te situeren tussen 11.8% (baars) en 20% (karper, brasem). De schade en de mortaliteit bleek bij voorn procentueel twee keer hoger te liggen dan op het vijzelpompgemaal 'de Seine' (in 1992 onderzocht door DENAYER en BELPAIRE).

Een derde onderzoek gebeurde op het centrifugaalpompgemaal 'Elektriek Zuid' in de Moeren nabij Veurne. Het mortaliteitspercentage schommelde tussen de 0% (paling, baars) en 16% (brasem). Hoewel het mortaliteitspercentage lager ligt dan bij een vijzel, is het schadepercentage (met uitzondering van de paling) hoger en ligt tussen de 1.4% (paling) en 68% (brasem). De aard van de beschadiging was meestal minder ernstig dan bij een vijzelpompgemaal.

Samenvattend kan men stellen dat een schroefpomp zeer schadelijk, een vijzelpomp schadelijk, een centrifugaalpomp weinig schadelijk en een hevelpomp onschadelijk is voor vissen. Op basis van hun schadelijkheid (pomptype), hun lokatie (grootteorde van de waterloop) en de waterkwaliteit (richtinggevend en bepalend voor de visstand) werd, waar mogelijk, aan de pompgemalen een saneringscijfer toegekend. Dit saneringscijfer staat rechtstreeks en in positieve relatie tot de visstand. Op die basis werden 17 pompgemalen aangeduid welke noodzakelijk aangepast dienen te worden met betrekking tot beschadiging en migratie van vissen (\*\*\*\*\*). Bij 44 pompgemalen zijn aanpassingen wenselijk (\*\*\*\*).

Zowel juridische, economische en beleidsmatige maatregelen kunnen, naast technische ingrepen, de migratiehinder en visschade door pompgemalen beperken :

- (1) De migratiewegen kunnen door de wet worden beschermd.
- (2) Bij het opmaken van de kosten-baten analyse kunnen in de ontwerpfase van nieuwe pompgemalen de milieukosten ten gevolge van visschade meegerekend worden. Indien deze kost te hoog oploopt dienen alternatieve ontwerpen onderzocht te worden. Visonvriendelijke pompgemalen dienen in elk geval geweerd te worden.
- (3) Bestaande visonvriendelijke pompgemalen kunnen worden gesaneerd aan de hand van visomleidingssystemen en/of vispassages, al dan niet in combinatie met nieuwe kleinschalige visvriendelijke pompen.
- (4) De wenselijkheid van bepaalde pompgemalen kan in vraag worden gesteld, rekening houdend met de ecologische implicaties, met de macro-ecologische functie en de prioritaire streefbeelden voor een beschouwd gebied, en met de mogelijkheid van aanvullende maatregelen welke bijdragen tot waterbeheersing (wachtbekkens, overstroombare bufferzones, herstel van natuurlijke beekvallei en komberging van de waterloop, ...)

## LITERATUUROPGAVE

1. BELPAIRE, C., 1991A.  
Verslag van de zevende zitting van de "Working Party on Eel."  
(European Inland Fisheries Advisory Commission)  
IBW.Wb.V.C.91.01, 12p.
2. BELPAIRE, C., 1991B.  
Rapport werkgroep Milieutechnische Natuurbouw.  
Vademecum pilootgroep bevaarbare waterlopen, onuitgegeven rapport  
nov. 1991, 1-7.
3. BERGHMANS, J. 1990.  
Energieconversiemachines en systemen : thermodynamische machines.  
Vlaams Technische Kring K.U. Leuven  
141p.
4. BRUYLANTS, B. VANDELANNOOTE, A. VERHEYEN, R.F. 1989.  
Vissen van onze Vlaamse Beken en rivieren (Hun ecologie, verspreiding en  
bescherming), uitgave WEL VZW
5. BURTON, N., FRAENKEL, P.L. 1986.  
Water Lifting Devices  
FAO irrigation and drainage Paper  
nr. 43, 295p.
6. COECK, J., VANDELANNOOTE, A., YSEBOODT, R. 1991.  
Visdoorgangen voor Laaglandbeken : werking, bouw en evaluatie (versie 2).  
Instituut voor Natuurbehoud  
rapport IN A.91.50, 17p.
7. DADSWELL, M.J., RULIFSON, R.A., DABORN, G.R. 1986.  
Potential Impact of Large-Scale Tidal Power Developments in the Upper Bay of Fundy  
on Fisheries Resources of the Northwest Atlantic.  
Fisheries  
vol. 11, nr. 4, 26-35.
8. DAVIES, J.K. 1988.  
A review of information relating to fish passage through turbines : implications to tidal  
power schemes  
Journal of Fish. Biology  
vol. 33 (supplement A), 111-126.



- 
9. DENAYER, 1994  
Ontwikkelingsplan voor de Binnenvisserij in het hydrografisch bekken van de IJzer.  
Studierapport in opdracht van de Provinciale Visserijcommissie van West-Vlaanderen  
Contract nr. IBW.Wb.93.05  
Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, Administratie Milieu, Natuur en  
Landinrichting.  
Instituut voor Bosbouw en Wildbeheer  
ref. IBW.Wb.V.R.94.25, 169p.
  10. DENAYER, B., BELPAIRE, C. 1992A.  
Studie van de Palingpopulatie van het IJzerbekken (Palingbestanden, schieraaltrek,  
knelpunten voor migratie), project nr. V.F.91.3.  
Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, Administratie Milieu, Natuur en  
Landinrichting, Instituut voor Bosbouw en Wildbeheer  
ref. IBW.Wb.V.R.92.07, 45p met bijlage.
  11. DENAYER, B., BELPAIRE, C. 1992B.  
Effekten van Pompgemalen op vispopulaties (Schade aan witvis en paling bij  
gedwongen blootstelling aan de werking van een vijzelpompgemaal)  
Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, Administratie Milieu, Natuur en  
Landinrichting, Instituut voor Bosbouw en Wildbeheer  
ref. IBW.Wb.V.R.92.10, 12p met bijlage.
  12. DENAYER, B., VERREYCKEN, H., OLLEVIER, F. 1991.  
Voorstellen voor het reduceren van de effecten op vissen bij het opzuigen van  
koelwater uit de Schelde door de kerncentrale te Doel  
Studierapport in opdracht van Electrabel, K.U. Leuven  
42p.
  13. DE PUE, E., STRYCKERS, P., VANDEN BILCKE, C. 1992.  
Milieuzakboekje  
Kluwers rechtswetenschappen  
241p.
  14. GERMONPRÉ, E. 1993.  
Inventarisatie van pompgemalen in het Vlaamse Gewest en evaluatie van de schade op  
vissen waaronder *Anguilla anguilla* (L.)  
Ingenieursverhandeling K.U. Leuven.  
90pp + bijlagen
  15. GERMONPRÉ, E., DENAYER, B., BELPAIRE, C. 1993.  
Biotoopontwikkeling en visstandbeheer op de Kemmelbeek  
Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, Administratie Milieu, Natuur en  
Landinrichting, Instituut voor Bosbouw en Wildbeheer  
ref. IBW Wb V.R. 93.015, 33pp + bijlagen

- 
16. HADDERINGH, R.H., VAN DER STOEP, J.W. 1991.  
Deflecting Eels from Water Inlets of Power Stations with Light  
Seventh Session on the Working Party on Eel, Eifac Dublin, 20-25 may 1991  
Irish Fisheries Investigations, 13p.
  17. HADDERINGH, R.H. 1979.  
Fish intake mortality at power stations : the problem and its remedy.  
Hydrobiological Bulletin  
vol. 13(2), 83-93.
  18. HEMSEN, J. 1960.  
Fische und Turbinen.  
Österreichs Fisherei  
vol. 3(10), 113-122.
  19. KEMPER, J. 1991.  
Lepelaar en stekelbaars geholpen door hevel-vispassage.  
Organisatie ter verbetering van de binnenvisserij.  
OVB-bericht, vol. 1991-1, 11-15.
  20. LARINIER, M. 1987.  
Les passes à poissons : méthodes et techniques générales.  
La Houille Blanche  
vol. 1/2, 51-56.
  21. LARINIER, M., DARTIQUELONGUE, J., 1989.  
La circulation des poissons migrateurs : le transit a travers les turbines des installations  
hydroelectriques.  
Bulletin Français de la pêche et de la pisciculture  
vol. 312/313, 1-90.
  22. MAEBE, S. 1992.  
De vis- en crustaceageenschap van de Westerschelde ter hoogte van de  
Kerncentrale van Doel gedurende het winterhalfjaar 1991-1992.  
Licentiaatverhandeling K.U. Leuven
  23. MINAPLAN 2000.  
Milieubeleidsplan en Natuurontwikkelingsplan voor Vlaanderen.  
Voorstellen voor 1990-1995.  
Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap  
p II.69
  24. MONTÉN, E. 1985.  
Fish and Turbines (Fish injuries During Passage Through Power Station Turbines)  
Vattenfall, Stockholm  
111p.

- 
25. MUYSKEN, J. 1932.  
Berekening van het nuttig effect van een vijzel.  
De Ingenieur  
nr. 21, 76-91.
26. NAGEL, G., RADLIK K.A. 1988.  
Wasserröderschnecken.  
Udo Pfriemer Buchverlag in der Bauverlag GMBH  
Wiebaden und Berlin  
165p.
27. PATRICK, P.H., MCKINLEY, R.S. 1987  
Field Evaluation of a Hydrostal pump for Live transfer of American Eels at a  
Hydroelectric Facility.  
North American Journal of Fisheries Management  
vol. 7, 303-305
28. POLL, 1945.  
Contribution à la connaissance de la faune ichthyologique du bas Escaut.  
Bull. Mus. Roy. Hist. Belg.  
Tome XXI, nr 11, 32p.
29. RANDALL, A. 1987  
Resource Economics and economic Approach to Natural Resource and environmental  
Policy.  
John Wiley and Son, NY
30. RODGERS D.W., PATRICK, P.H. 1985.  
Evaluation of a Hidrostal Pump Fish Return System.  
North American Journal of Fisheries Management  
vol. 5, 393-399.
31. TAYLOR, R.E., KYNARD, B. 1985.  
Mortality of Juvenile American Shad and Blueback Herring Passed through a Low-  
Head Kaplan Hydroelectric Turbine.  
Transactions of the American Fisheries Society  
vol. 114, 430-435.
32. TRAVADE, F., DARTIQUELONQUE, J. LARINIER, M. 1987.  
Dévalaison et Franchissement des turbines et ouvrages énergétiques : l'expérience  
EDF.  
La Houille Blanche  
vol. 1/2, 126-133.

- 
33. VAN DER MADE, J.W. 1975.  
Veiligheid en peilbeheersing.  
Handboek voor Milieubeheer  
Vermande en Zonen Bv uitgevers IJmuiden  
27 p.
34. VERBIEST, H., VANDENABEELE, P., BELPAIRE, C. 1993.  
Bijdrage van de sector binnenvisserij aan het indicatief programma Natuur 1994-1996.  
Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap  
Administratie Milieu, Natuur en Landinrichting  
Instituut voor Bosbouw en Wildbeheer en Dienst Waters en Bossen - Afdeling  
Zoetwatervisserij.  
ref. IBW. WB. V.R. 93.16 Ontwerptekst, sept. 93, p. 57.
35. VERREYCKEN, H., BELPAIRE, C., OLLEVIER, F. 1990.  
Studie naar de impact van het inzuigen van koelwater door de Electrabel centrale te  
Langerloo op de vispopulaties van het Albertkanaal en de Kolenhaven.  
Studierapport in opdracht van Electrabel  
Leuven  
170 p.
36. VON RABEN, K. 1957.  
Über Turbinen und ihre schädliche Wirkung auf Fische.  
Zeitschrift für Fischerei  
Bd VI N.F., 171-182.
37. WARDLE, C.S., 1975.  
Limit of fish swimming speed  
Nature  
vol. 255, 725-727.
38. WHEATON, F.W. 1977.  
Aquacultural Engineering (chapter 11 : pumps).  
John Wiley and sons, New York

Bijlage

---

## BIJLAGE

- Bijlage tabel 1    Lijst met de gegevens van de 130 verschillende gekarteerde pompgemalen
- Bijlage tabel 2    De verdeling van de 130 pompgemalen over de verschillende Vlaamse provincies
- Bijlage tabel 3    De pompgemalen van het Vlaamse Gewest die prioritair gesaneerd moeten worden

## Bijlage tabel 1

---

Bijlage tabel 1 : (zie volgende bladzijden) Lijst met gegevens van de 130 verschillende gekarteerde pompgemalen.

Kolom 1 : Naam van de pomp of de gemeente of waterloop waar het pompgemaal voorkomt.

Kolom 2 : Afkorting van het type pomp.

cen = centrifugaalpomp

vij = vijzelpomp

sp = schroefpomp (osp = open, gsp = gesloten, v = vertikaal)

hev = hevelpomp

dom = dompelpomp

typ = type pomp is onbekend

Kolom 3 : Aantal pompen (#) per pompgemaal waarvan de gegevens opgenomen zijn in de kolommen 'tpm1', 'diam1', 'dag1', 'uur1'

Kolom 4 : Aantal pompen (#) per pompgemaal waarvan de gegevens opgenomen zijn in de kolommen 'tpm2', 'diam2', 'dag2', 'uur2'

Kolom 5+6 : Debiet van één pomp [ $m^3/min$ ]

Kolom 7+8 : Omwentelingsnelheid [tpm] van de pompen van kolom 3 resp. kolom 4

Kolom 9+10 : Diameter van de pompen van kolom 3 resp. kolom 4

Kolom 11+12 : Aantal dagen dat de pompen van kolom 3 resp. 4 werken

~ = pomp met wisselende werking

° = pomp bijna dagelijks in werking

° ° = pomp dagelijks in werking

Kolom 12+13 : Aantal uren dat de pompen van kolom 3 resp. 4 werken

Kolom 14 : De opvoerhoogte van het pompgemaal

Kolom 15 : De eerste letter van de provincies waar het gemaal opgesteld staat

Kolom 16 : Het nummer die overeenkomt met de kaart van de polders en wateringen (GERMONPRÉ, 1993)

Kolom 17 : De categorie waar het gemaal opgesteld staat

Kolom 18 : Het nummer van de waterloop

Kolom 19 : De lokatie (gemeente, waterloop) van de pomp

Kolom 20 : De V.M.M. kwotering van de waterkwaliteit in de buurt van de pomp

Kolom 21 : Het saneringscijfer

|    | Naam pomp              | pomp | #1 | #2 | debiet 1 | debiet 2 | tpm1 | tmp2 | diam 1  | diam 2 | dag1 | dag2 | uur1 | uur2 | opvoer | opp. |
|----|------------------------|------|----|----|----------|----------|------|------|---------|--------|------|------|------|------|--------|------|
| 1  | 100 gemeten            | osp  | 2  |    | 7.20     |          |      |      |         |        |      |      |      |      | 3.00   | 120  |
| 2  | Baudouin               | cen  | 1  |    | 45.00    |          |      |      | 0.7-0.8 |        |      |      | 0    |      |        | 1450 |
| 3  | Bergenvaart            | osp  | 2  |    | 6.00     |          |      |      |         |        |      |      |      |      | 4.00   | 313  |
| 4  | Beringen               | typ  | 1  |    |          |          |      |      |         |        |      |      |      |      |        |      |
| 5  | Berlare                | gsp  | 2  |    | 6.00     |          | 724  |      | 0.6     |        |      |      |      |      |        |      |
| 6  | Blankaartloop          | vij  | 1  |    |          |          |      |      |         |        |      |      |      |      |        |      |
| 7  | Boergonje              | vij  |    |    |          |          |      |      |         |        |      |      |      |      |        |      |
| 8  | Bormte                 | gsp  | 3  |    | 40.00    |          |      |      |         |        | 150  |      |      |      |        |      |
| 9  | Bosbeek                | cen  | 5  |    |          |          |      |      |         |        |      |      |      |      |        |      |
| 10 | Bossuit                | gsp  | 4  |    | 167.00   |          | 485  |      | 1.2     |        |      |      | 990  |      | 10.00  |      |
| 11 | Bulskamp               | osp  | 2  |    | 50.00    |          | 1500 |      |         |        |      |      |      |      | 1.87   | 1134 |
| 12 | Daknam                 | gsp  | 3  |    | 45.00    |          | 740  |      | 0.5     |        | 130  |      |      |      |        |      |
| 13 | Damse Vaart            | type | 1  |    | 12.00    |          |      |      |         |        |      |      |      |      |        |      |
| 14 | Damsloot               | vsp  | 4  |    | 60.00    |          | 750  |      | 0.6     |        |      |      | 2215 |      |        |      |
| 15 | Dendermonde            | cen  | 3  |    | 80.00    |          | 580  |      | 1.3     |        |      |      |      |      |        |      |
| 16 | Donkstraat             | gsp  | 4  | 3  | 240.00   | 72.00    | 365  | 585  | 1.2     | 0.8    | °°   | °°   |      |      |        |      |
| 17 | Drie Hofsteden         | vij  | 1  |    | 77.00    |          |      |      |         |        |      |      |      |      | 0.50   | 100  |
| 18 | Duffelse Scheibeek     | vij  | 1  |    |          |          |      |      |         |        |      |      |      |      |        |      |
| 19 | Eeklo                  | osp  | 3  |    | 50.00    |          |      |      |         |        |      |      |      |      |        |      |
| 20 | Elektriek Zuid         | cen  | 1  |    | 60.00    |          |      |      |         |        |      |      | 10   |      |        | 1450 |
| 21 | Esen                   | type | 1  |    | 60.00    |          |      |      |         |        |      |      |      |      |        |      |
| 22 | Etbos                  | dom  | 1  |    | 450.00   |          |      |      |         |        |      |      | 1500 |      |        |      |
| 23 | Fintele                | vij  | 2  |    | 45.00    |          |      |      |         |        |      |      |      |      | 2.66   | 980  |
| 24 | Gansbroekstraat        | gsp  | 3  | 3  | 150.00   | 48.00    | 485  | 585  | 1.0     | 0.6    | °°   | °°   |      |      |        |      |
| 25 | Geulloop               | dom  | 1  |    |          |          |      |      |         |        |      |      |      |      |        |      |
| 26 | Grootbroek             | typ  | 3  |    | 90.00    |          | 585  |      |         |        |      |      | 900  |      |        |      |
| 27 | Heusden                | typ  | 1  |    |          |          |      |      |         |        |      |      |      |      |        |      |
| 28 | Isabellarigool         | vij  | 2  | 3  | 72.00    | 216.00   | 730  | 735  | 0.2     | 0.3    | 25   |      | 600  | 300  |        |      |
| 29 | Jabbeke                | vij  | 3  |    | 60.00    |          | 24   |      | 1.6     |        | 120  |      | 2880 |      |        |      |
| 30 | Kalkenvaart            | gsp  | 2  | 2  | 170.00   | 80.00    | 320  | 460  | 1.1     | 0.8    |      |      | 585  |      |        |      |
| 31 | Kalsijdebrug           | gsp  | 2  |    | 20.00    |          |      |      |         |        |      |      |      |      |        |      |
| 32 | Kalve-Terwest          | vgsp | 2  |    | 15.00    |          |      |      | 0.4     |        |      |      | 1200 |      |        |      |
| 33 | Katte                  | vij  | 2  |    | 60.00    |          | 32   |      | 2.3     |        |      |      |      |      | 4.10   | 1700 |
| 34 | Keetberg               | sp   | 3  |    | 75.00    |          | 725  |      | 0.6     |        |      |      |      |      |        |      |
| 35 | Kerkebeek              | vosp | 3  |    | 240.00   |          | 1490 |      | 3.0     |        | 120  |      |      |      | 0.70   |      |
| 36 | Kouterbosbeek-Westlede | vij  | 2  |    | 17.00    |          |      |      |         |        |      |      | 1000 |      |        |      |
| 37 | Kromme Elleboog        | vij  |    |    | 11.00    |          |      |      |         |        |      |      |      |      |        |      |
| 38 | Kruibeke               | vgsp | 2  |    | 10.00    |          | 750  |      | 0.3     |        | 250  |      |      |      |        |      |
| 39 | Kwetshagepaddegat      | vij  | 3  |    | 60.00    |          | 32   |      | 1.9     |        |      |      |      |      | 2.40   | 2800 |
| 40 | Laak                   | osp  | 2  |    | 27.30    |          |      |      |         |        |      |      |      |      |        |      |
| 41 | Laarbeek               | hev  |    |    |          |          |      |      |         |        |      |      |      |      |        |      |
| 42 | Lammerleed             | dom  |    |    | 4.00     |          |      |      |         |        |      |      |      |      |        |      |
| 43 | Lange Kijkverdriet     | cen  | 2  |    | 9.00     |          | 1500 |      |         |        | 180  |      |      |      |        |      |
| 44 | Lange Kromme           | osp  | 3  |    | 25.00    |          |      |      |         |        |      |      | 1000 |      |        |      |
| 45 | Lange Lede             | vgsp | 1  | 1  | 25.00    | 15.00    |      |      |         |        |      |      | 1200 | 1200 |        |      |

|    | prov | nr | beheer                              | cat | waterloop     | locatie  | vmm | san |
|----|------|----|-------------------------------------|-----|---------------|--|-----|-----|
| 1  | W    | 1  | Polder Noordwatering van Veurne     | 3   | F26           | Houtem 100 gemeten   | 3   | 4   |
| 2  | W    | 10 | Polder de Moeren                    | 2   |               | Ringsloot Oost Veurne  | 3   | 2   |
| 3  | W    | 1  | Polder Noordwatering van Veurne     | 2   | F35           | Houtem Bergenvaart   | 3   | 4   |
| 4  | L    | d  | Watering Het Schulensbroek          |     |               | Kleine Beek te Beringen  | 2   |     |
| 5  | O    | 3  | Polder tussen Schelde en Durme      | 2   | S.108         | Berlare Scheldestraat  | 2   | 4   |
| 6  | A    | a  | Watering de Beneden Mark            | 2   | 4.05.5        | Blankenaardloop, Sluiskensweg, Meer                              | 3   | 3   |
| 7  | W    | 9  | Polder Ghistel-Oost-over-de-Waere   |     | 0.1.7.10      | Boergonjevaart te Gistel   | 4   | 3   |
| 8  | O    | 6  | Polder Sinaai-Daknam                | 1   |               | Bormte Stekene   | 4   | 4   |
| 9  | A    |    | Provincie Antwerpen                 | 2   | 6.05          | Bosbeek te Boom  | 3   | 2   |
| 10 | W    |    | Ad. Waterinfrastructuur en Zeewezen |     | 1.350T        | Kanaal Bossuit-Kortrijk  |     |     |
| 11 | W    | 1  | Polder Noordwatering van Veurne     | 2   | F2.5          | Bulskamp   | 3   | 4   |
| 12 | O    | 6  | Polder Sinaai-Daknam                | 2   |               | Daknam-Lokeren   | 2   | 4   |
| 13 | W    | 6  | Damse Polder                        | 2   |               | Damse Vaart  |     |     |
| 14 | O    |    | Provincie Oost-Vlaanderen           | 2   | S.197         | Damsloot in Desselbergen   |     |     |
| 15 | O    | 13 | Polder Vlassenbroek                 | 2   |               | Dendermonde 5de afdeling Sectie A perceelnr 618c                 | 4   | 2   |
| 16 | A    | 1  | Polder Vliet en Zielbeek            | 1   |               | Vliet, Donkstraat, Ruisbroek                                     | 3   | 5   |
| 17 | W    | 1  | Polder Noordwatering van Veurne     | 2   | 2222          | Drie Hofsteden   | 3   | 3   |
| 18 | A    | 14 | Polder van Rumst                    | 2   | 6.12          | Duffelse Scheibeek, Rumst  | 3   | 3   |
| 19 | O    | a  | Watering de Burggravenstroom        | 2   | 4.42          | Tieltsesteenweg te Eeklo   | 3   | 4   |
| 20 | W    | 10 | Polder de Moeren                    | 2   |               | Ringsloot Zuid De Moeren   | 3   | 2   |
| 21 | W    | 12 | Polder Bethoosterse Broeken         | 2   |               | Handzamevaart Esen   |     |     |
| 22 | O    | 1  | Polder van Moervaart en Zuidlede    | 2   |               | Zuidlede   | 2   |     |
| 23 | W    | 1  | Polder Noordwatering van Veurne     | 2   | Y10.3         | Lo Fintele   | 3   | 3   |
| 24 | A    | 1  | Polder Vliet en Zielbeek            | 1   |               | Zielbeek, Gansbroekstraat, Ruisbroek                             | 3   | 5   |
| 25 | A    | 2  | Polder Willebroek                   | 3   | 69.06.25      | Geulloop te Willebroek)  | 2   |     |
| 26 | O    | 20 | Polder Hamme-Moerzeke               | 2   | S526-S034b    | Grootbroek   | 3   |     |
| 27 | L    | d  | Watering Het Schulensbroek          |     |               | Helderbeek te Heusden  | 2   |     |
| 28 | O    | 9  | Zwarte Sluispolder                  | 1   |               | Isabellarigool en Leopoldkanaal, Boekhoute                       | 3   | 4   |
| 29 | W    | 2  | Nieuwe Polder van Blankenberge      | 1   |               | Vaart Brugge-Oostende nabij Jabbeke                              | 4   | 3   |
| 30 | O    | 7  | Polder van Belham                   | 1   |               | Schelde LO aard 7B, Schellebelle                                 | 4   | 4   |
| 31 | W    | 3  | Groote Westpolder                   | 2   | N.5.2         | Gistel Snaaskerke  | 3   | 4   |
| 32 | O    | 1  | Polder van Moervaart en Zuidlede    | 2   | 1.309         | wl 1.309   | 4   | 4   |
| 33 | W    | 2  | Nieuwe polder van Blankenberge      | 2   | 0.5A          | Vaardijk Zuid Varsenaere   | 4   | 3   |
| 34 | O    | 1  | Polder Land van Waas                | 1   |               | Karper Reed in Melsele (Grote Watergang)                         | 2   | 5   |
| 35 | W    |    | Ad. Waterinfrastructuur en Zeewezen | 1   |               | Ketsbruggestraat nabij station te Brugge                         | 4   | 4   |
| 36 | O    | 1  | Polder van Moervaart en Zuidlede    | 2   | 1.200         | waterloop 'De Westlede'  | 2   | 4   |
| 37 | W    | 3  | Groote Westpolder                   | 3   | 0.1.1.6       | Middelkerke Leffinge   | 3   | 3   |
| 38 | O    | 18 | Polderbestuur Kruibeke              | 3   |               | Oud-Veerstraat Kruibeke Vlakbij het wachtbekken van de Kapelbeek |     |     |
| 39 | W    | 2  | Nieuwe polder van Blankenberge      | 1   | 0.4-0.4.1     | Vaardijk Noord Jabbeke   | 4   | 3   |
| 40 | A    |    | Provincie Antwerpen                 | 2   | 8.08.3        | Laak te Nijlen   | 3   | 4   |
| 41 | A    |    | Provincie Antwerpen                 | 2   | S.05          | Laarbeek A'pen LO  | 4   | 1   |
| 42 | W    | 3  | Groote Westpolder                   | 3   | 0.1.10.14.1.1 | Gistel Kloosterbrugstraat  | 3   |     |
| 43 | A    |    | Provincie Antwerpen                 | 2   | 8.20.07.kl    | Lange Kijkverdrietloop in Ravels                                 | 2   | 3   |
| 44 | O    | 1  | Polder van Moervaart en Zuidlede    | 2   | 1.120         | water loop 'Lange Kromme'  | 2   | 4   |
| 45 | O    | 1  | Polder van Moervaart en Zuidlede    | 2   | 1.310a        | Kanaal de Lange Lede   | 4   | 4   |



|    | Naam pomp          | pomp     | #1 | #2 | debiet 1 | debiet 2 | tpm1 | tmp2 | diam 1    | diam 2 | dag1 | dag2 | uur1 | uur2 | opvoer | opp. |
|----|--------------------|----------|----|----|----------|----------|------|------|-----------|--------|------|------|------|------|--------|------|
| 46 | Lebbeke            | vsp      | 4  |    | 90.00    |          |      |      | 1.0       |        |      |      | 1732 |      |        |      |
| 47 | Ledebeek           | vgsp     | 2  | 6  | 60.00    |          |      |      |           |        |      |      | 1000 |      |        |      |
| 48 | Lege Zijde         | osp      | 2  |    | 20.00    |          |      |      |           |        |      |      | 500  |      |        |      |
| 49 | Legeweg            | vij      |    |    | 11.00    |          |      |      |           |        |      |      |      |      |        |      |
| 50 | Leiken             | osp      | 3  |    |          |          | 450  |      |           |        |      |      |      |      |        |      |
| 51 | Lieve I            | gosp     | 3  | 4  | 100.00   | 50.00    | 450  |      | 0.8       | 0.6    |      |      |      |      |        |      |
| 52 | Lieve II           | gsp      | 3  |    | 60.00    |          | 580  |      | 0.7       |        |      |      |      |      |        |      |
| 53 | Linkhout           | typ      | 1  |    |          |          |      |      |           |        |      |      |      |      |        |      |
| 54 | Lisperloop         | dom      | 3  |    | 12.00    |          | 725  |      |           |        |      |      |      |      |        |      |
| 55 | Lolege             | vij      | 1  |    | 19.80    |          |      |      | 1.2       |        |      |      |      |      | 2.76   | 230  |
| 56 | Lot                | typ      | 2  |    | 3.30     |          | 1450 |      | 0.2       |        |      |      |      |      |        |      |
| 57 | Mannekesfere       | dom      |    |    |          |          |      |      |           |        |      |      |      |      |        |      |
| 58 | Meer               | vij      | 1  |    |          |          |      |      |           |        |      |      |      |      |        |      |
| 59 | Meerseweg          | dom      | 1  |    |          |          |      |      |           |        |      |      |      |      |        |      |
| 60 | Moen               | gsp      | 4  |    | 167.00   |          | 485  |      | 1.2       |        |      |      | 962  |      | 10.00  |      |
| 61 | Moere              | vij      | 2  |    | 78.00    |          |      |      | 2.0       |        |      |      |      |      |        |      |
| 62 | Nieuwe loop        | gsp      | 3  |    | 24.40    |          | 730  |      |           |        |      |      |      |      |        |      |
| 63 | Nieuwland          | vij      |    |    | 14.00    |          |      |      |           |        |      |      |      |      |        |      |
| 64 | Nijlense beek      | osp      | 3  |    | 50.80    |          |      |      |           |        |      |      |      |      |        |      |
| 65 | Ooigem             | gsp      | 4  |    | 160.00   |          | 600  |      | 1.0       |        |      |      | 2190 |      | 8.00   |      |
| 66 | Oostkamp           | vij      | 2  |    | 34.80    |          | 39   |      | 1.6       |        | 70   |      |      |      |        |      |
| 67 | Oostkerke          | vosp     | 2  |    | 60.00    |          | 585  |      | 1.5       |        | 180  |      |      |      | 1.50   |      |
| 68 | Oostmoer           | dom      | 1  |    | 10.00    |          |      |      |           |        |      |      |      |      |        |      |
| 69 | Rijt               | vij      |    |    |          |          |      |      | 0.8       |        |      |      | 53   |      |        |      |
| 70 | Rodenhuyze         | vgsp     | 3  |    | 25.00    |          |      |      | 0.4       |        |      |      | 1000 |      |        |      |
| 71 | Scheibeek I        | dom      | 2  |    |          |          |      |      |           |        |      |      |      |      |        |      |
| 72 | Scheibeek II       | cen      | 5  |    |          |          |      |      |           |        |      |      |      |      |        |      |
| 73 | Schulensbroek      | sp       | 3  | 2  | 60.00    | 30.00    | 725  | 1470 | 0.6       | 35.0   |      |      | 790  | 325  |        |      |
| 74 | Seine              | vij      | 1  | 1  | 35.00    |          | 37   |      | 1.5-0.81  |        |      |      | 475  | 379  |        | 1450 |
| 75 | Sinaai I           | gsp      | 3  |    | 40.00    |          |      |      |           |        | 150  |      |      |      |        |      |
| 76 | Sinaai II          | gsp      | 1  |    | 20.00    |          |      |      |           |        | 100  |      |      |      |        |      |
| 77 | Sinaai III         | vij      | 2  |    |          |          |      |      | 1.9       |        |      |      |      |      |        |      |
| 78 | Sint-Onolfs I      | osp      | 2  |    | 30.00    |          |      |      |           |        | 66   |      |      |      |        |      |
| 79 | Sint-Onolfs II     | adp      | 2  |    | 30.00    |          | 985  |      | 0.5       |        | 78   |      |      |      |        |      |
| 80 | Slypebrug          | gsp      | 2  |    | 20.00    |          |      |      |           |        |      |      |      |      |        |      |
| 81 | Speekloop          | typ      | 1  |    |          |          |      |      |           |        |      |      |      |      |        |      |
| 82 | Spiedam            | cen      | 3  | 3  | 4.20     | 22.20    | 1160 | 480  | 0.1       | 0.3    |      |      | 14   | 670  |        |      |
| 83 | Spiedam            | osp-gsp  | 4  | 3  | 50.00    | 50.00    | 485  | 420  |           | 0.8    |      |      | 450  | 300  |        |      |
| 84 | Spletteren         | cen-vgsp | 1  | 1  | 30.00    | 22.00    |      |      |           |        |      |      | 1100 |      |        |      |
| 85 | St.-Elooi          | vij      | 1  |    | 17.00    |          |      |      | 0.8       |        |      |      | 1000 |      |        |      |
| 86 | St.-Francispolder  | vij      | 1  |    | 15.00    |          |      |      | 0.8       |        |      |      |      |      |        |      |
| 87 | St.-Karelsmolen    | vij      | 1  |    | 30.00    |          |      |      | 0.75-1.45 |        |      |      | 345  |      |        | 1450 |
| 88 | St.-Kruis Winkel   | osp      | 3  |    | 18.00    |          |      |      |           |        |      |      | 600  |      |        |      |
| 89 | St.-Odulfus        | typ      |    |    |          |          |      |      |           |        |      |      |      |      |        |      |
| 90 | St.-Pieterscapelle | osp      | 2  |    | 56.40    |          | 740  |      | 0.6       |        |      |      | 950  |      |        |      |

|    | prov | nr | beheer                              | cat | waterloop  | locatie   | vmm | san |
|----|------|----|-------------------------------------|-----|------------|---|-----|-----|
| 46 | O    | 12 | Polder van de Beneden-Dender        | 2   |            | Grens Lebbeke/ St.-Gillis-bij-Dendermonde       | 5   | 4   |
| 47 | O    | 1  | Polder van Moervaart en Zuidlede    | 2   | 1.045      | wl 1.045  | 4   | 4   |
| 48 | O    | 1  | Polder van Moervaart en Zuidlede    | 2   | 1.190      | Olentgracht                                     | 2   | 4   |
| 49 | W    | 3  | Groote Westpolder                   | 3   | N6.12      | Middelkerke Leffinge                            | 3   | 3   |
| 50 | O    | a  | Watering de Burggravenstroom        | 1   | 4.52       | Waarschoot, trekweg langs de 'Lieve'            | 3   | 5   |
| 51 | O    | a  | Watering de Burggravenstroom        | 1   | 2.8        | Spiedamstraat Ertvelde                          | 5   | 4   |
| 52 | O    | a  | Watering de Burggravenstroom        | 1   |            | Lieve   | 3   | 5   |
| 53 | L    | d  | Watering Het Schulensbroek          |     |            | Voortbeek te Linkhout                           | 2   |     |
| 54 | A    |    | Provincie Antwerpen                 | 2   | 8.02       | Lisperloop te Lier                              | 3   |     |
| 55 | W    | 1  | Polder Noordwatering van Veurne     | 2   | N3.4.1     | Lo Lolege                                       | 3   | 3   |
| 56 | B    |    | Provincie Brabant                   | 2   | 1.019      | Lotbeek in Lot                                  | 3   |     |
| 57 | W    | 3  | Groote Westpolder                   | 3   | N4.4.2     | Middelkerke Mannekesvere                        | 3   |     |
| 58 | A    | a  | Watering de Beneden Mark            | 3   | 4.05.4     | Nieuwe Meerloop, 't Jongerenweg, Meer           | 3   | 3   |
| 59 | A    | a  | Watering de Beneden Mark            | 3   | 4.12       | Meerseweg, Meer                                 | 3   |     |
| 60 | W    |    | Ad. Waterinfrastructuur en Zeewezen |     | 1.350T     | Kanaal Bossuit-Kortrijk                         |     |     |
| 61 | W    | 3  | Groote Westpolder                   | 2   | 0.1.10.1   | Gistel Moere Grootgeleed                        | 4   | 3   |
| 62 | A    | e  | Watering de Zegge                   | 2   | 8.15.1.bis | Nieuwe loop aansluiting Kleine Nete             | 2   | 4   |
| 63 | W    | 3  | Groote Westpolder                   | 3   | 0.1.10.1.1 | Gistel Moere                                    | 5   | 2   |
| 64 | A    |    | Provincie Antwerpen                 | 2   | 8.08       | wl 8.08 (Nijlense beek te Nijlen)               | 3   | 4   |
| 65 | W    |    | Ad. Waterinfrastructuur en Zeewezen |     | 1.350T     | Kanaal Roeselare-Leie                           |     |     |
| 66 | W    | 8  | Polder Sint-Trudoledeken            | 2   |            | Legeweg te Oostkamp                             | 4   | 3   |
| 67 | W    |    | Ad. Waterinfrastructuur en Zeewezen | 1   |            | Monding Zuidervaart te Oostkerke                | 4   | 4   |
| 68 | O    | a  | Watering de Burggravenstroom        | 3   | 2.18       | Spoorweg, Waarschoot                            | 3   |     |
| 69 | O    | m  | Watering De Rijt                    | 3   |            | waterloop de Rijt                               | 3   | 3   |
| 70 | O    | 1  | Polder van Moervaart en Zuidlede    | 2   | 1.330      | waterloop 'Rodenhuyze'                          | 2   | 4   |
| 71 | A    |    | Provincie Antwerpen                 | 2   | S.07       | Zwijndrechtse Scheibeeek A'pen LO               | 4   |     |
| 72 | A    |    | Provincie Antwerpen                 | 2   | 6.04       | Boomse en Nielse Scheibeeek te Niel             | 3   | 2   |
| 73 | L    |    | Landelijke Waterdienst              | 1   |            | Omleidingsgracht Zwarte Winterbeek              | 2   | 5   |
| 74 | W    | 10 | Polder de Moeren                    | 2   |            | Ringsloot Zuid Houtem                           | 3   | 3   |
| 75 | O    | 6  | Polder Sinaai-Daknam                | 2   |            | Sinaai-Keizerstraat                             | 4   | 4   |
| 76 | O    | 6  | Polder Sinaai-Daknam                | 3   |            | Sinaai- in Leebrugse meersen-Eindeken           | 4   | 3   |
| 77 | O    | 6  | Polder Sinaai-Daknam                | 2   |            | Sinaai-Hondsnest-Aartdreef                      | 4   | 3   |
| 78 | O    | 19 | Polder Sint-Onolfs                  | 2   | s073a      | s073a   | 4   | 4   |
| 79 | O    | 19 | Polder Sint-Onolfs                  | 2   | s075       | s075  | 4   |     |
| 80 | W    | 3  | Groote Westpolder                   | 2   | 0.1.1.8    | Middelkerke Slype                               | 3   | 4   |
| 81 | A    | a  | Watering de Beneden Mark            | 3   | 4.11.2     | Speekloop, Spekenstraat, Meer                   | 2   |     |
| 82 | O    | a  | Watering de Burggravenstroom        | 1   |            | Ringriool                                       | 3   | 3   |
| 83 | O    | a  | Watering de Burggravenstroom        | 1   |            | Ertvelde  | 5   | 4   |
| 84 | O    | 1  | Polder van Moervaart en Zuidlede    | 2   | 1.230      | Oude vaart                                      | 2   | 4   |
| 85 | O    | 1  | Polder van Moervaart en Zuidlede    | 2   | 8.202      | wl 8.202  | 3   | 3   |
| 86 | O    | 1  | Polder van Moervaart en Zuidlede    | 2   | 8.200a     | wl 8.200a                                       | 3   | 3   |
| 87 | W    | 10 | Polder de Moeren                    | 2   |            | Ringsloot Oost De Moeren                        | 3   | 3   |
| 88 | O    | 1  | Polder van Moervaart en Zuidlede    | 2   | 1.307      | waterloop (Gent)                                | 4   | 4   |
| 89 | B    |    | Provincie Brabant                   | 2   | 4.132      | St.-Odulfusbeek Zoutleeuw                       | 3   |     |
| 90 | W    | 7  | Watering van Vladslo-Ambacht        | 2   |            | Hunckevlietstraat St-Pieterscapelle Middelkerke | 3   | 4   |





Bijlage tabel 2

---

|              | West-Vl. | Oost-Vl. | A'pen | Brabant | Limburg | TOTAAL |
|--------------|----------|----------|-------|---------|---------|--------|
| Schroefpomp  | 14       | 37       | 11    | 1       | 1       | 64     |
| Vijzelpomp   | 17       | 9        | 3     | 0       | 0       | 29     |
| Centrifugaal | 4        | 5        | 3     | 0       | 0       | 12     |
| Dompelpomp   | 4        | 3        | 5     | 0       | 0       | 12     |
| Hevelpomp    | 0        | 0        | 1     | 0       | 0       | 1      |
| Onbekend     | 3        | 3        | 1     | 2       | 3       | 12     |
| TOTAAL       | 42       | 57       | 24    | 3       | 4       | 130    |

bijlage tabel 2 De verdeling van de 130 pompgemalen over de verschillende Vlaamse provincies (in absolute cijfers)

|    | Naam pomp        | pomp | #1 | #2 | debiet 1 | debiet 2 | tpm1 | tmp2 | diam 1 | diam 2 | dag1 | dag2 | uur1 | uur2 | opvoer | opp.  |
|----|------------------|------|----|----|----------|----------|------|------|--------|--------|------|------|------|------|--------|-------|
| 1  | Veurne-Ambacht   | gsp  | 5  |    | 325.20   |          | 245  |      | 1.4    |        | 150  |      |      |      |        |       |
| 2  | Woumen           | vosp | 2  |    | 60.00    |          | 500  |      |        |        |      |      | 1479 |      |        |       |
| 3  | Keetberg         | sp   | 3  |    | 75.00    |          | 725  |      | 0.6    |        |      |      |      |      |        |       |
| 4  | Leiken           | osp  | 3  |    |          |          | 450  |      |        |        |      |      |      |      |        |       |
| 5  | Lieve II         | gsp  | 3  |    | 60.00    |          | 580  |      | 0.7    |        |      |      |      |      |        |       |
| 6  | Stenegoot        | sp   | 4  |    | 130.00   |          | 580  |      | 0.8    |        |      |      |      |      |        |       |
| 7  | Vinderhoute      | gsp  | 5  |    | 60.00    |          | 585  |      | 0.7    |        | 150  |      | 220  |      |        |       |
| 8  | Donkstraat       | gsp  | 4  | 3  | 240.00   | 72.00    | 365  | 585  | 1.2    | 0.8    | °°   | °°   |      |      |        |       |
| 9  | Gansbroekstraat  | gsp  | 3  | 3  | 150.00   | 48.00    | 485  | 585  | 1.0    | 0.6    | °°   | °°   |      |      |        |       |
| 10 | Twaalf Sluiskens | sp   | 5  |    | 240.00   |          | 300  |      | 1.5    |        |      |      |      |      |        |       |
| 11 | Vlaemschen Dijk  | sp   | 4  |    | 52.50    |          |      |      |        |        | °°   |      |      |      |        | 2640  |
| 12 | Vliet            | sp   | 4  | 3  | 240.00   | 72.00    | 1487 | 589  | 1.2    | 0.8    |      |      |      |      |        |       |
| 13 | Vrouwvliet       | sp   | 4  | 2  | 245.00   | 170.00   | 400  | 340  | 1.1    | 1.2    |      |      |      |      |        |       |
| 14 | Watermolen       | sp   | 6  |    | 240.00   |          |      |      |        |        | °°   |      |      |      |        | 19391 |
| 15 | Zielbeek         | sp   | 3  | 3  | 150.00   | 48.00    | 1487 | 590  | 1.0    | 0.6    |      |      |      |      |        |       |
| 16 | Zoutleeuw        | vgsp | 2  |    | 10.00    |          | 750  |      |        |        |      |      |      |      |        | 1.75  |
| 17 | Schulensbroek    | sp   | 3  | 2  | 60.00    | 30.00    | 725  | 1470 | 0.6    | 35.0   |      |      | 790  | 325  |        |       |

Bijlage tabel 3 De pompgemalen van het Vlaamse Gewest die prioritair gesaneerd moeten worden

|    | prov | nr | beheer                              | cat | waterloop | locatie                                      | vmm | san |
|----|------|----|-------------------------------------|-----|-----------|--|-----|-----|
| 1  | W    | 1  | Polder Noordwatering van Veurne     | 1   | N3-N3.1   | Koolhofvaart en Beverdijkvaart te Nieuwpoort | 3   | 5   |
| 2  | W    | 4  | Zuidijzerpolder                     | 1   |           | Stenensluisvaart Woumen                      | 3   | 5   |
| 3  | O    | 1  | Polder Land van Waas                | 1   |           | Karper Reed in Melsele (Grote Watergang)     | 2   | 5   |
| 4  | O    | a  | Watering de Burggravenstroom        | 1   | 4.52      | Waarschoot, trekweg langs de 'Lieve'         | 3   | 5   |
| 5  | O    | a  | Watering de Burggravenstroom        | 1   |           | Lieve  | 3   | 5   |
| 6  | O    | 1  | Polder Land van Waas                | 1   |           | Noord-Zuidverbinding Verrebroek              | 2   | 5   |
| 7  | O    | b  | Watering Oude Kale en Meirebeek     | 1   |           | Vinderhoute                                  | 3   | 5   |
| 8  | A    | 1  | Polder Vliet en Zielbeek            | 1   |           | Vliet, Donkstraat, Ruisbroek                 | 3   | 5   |
| 9  | A    | 1  | Polder Vliet en Zielbeek            | 1   |           | Zielbeek, Gansbroekstraat, Ruisbroek         | 3   | 5   |
| 10 | A    |    | Stad Antwerpen                      | 1   |           | Verlegde Schijns (Schelde) Antwerpen         | 3   | 5   |
| 11 | A    |    | Ad. Waterinfrastructuur en Zeewezen | 1   | 1801 A    | wl 1801 A                                    | 3   | 5   |
| 12 | A    |    | N.V. Zeekanaal                      | 1   |           | Vliet (Rupel) bij Puurs                      | 3   | 5   |
| 13 | A    |    | Stad Mechelen                       | 1   |           | Vrouwvliet (Dijle) Mechelen                  | 2   | 5   |
| 14 | A    |    | Ad. Waterinfrastructuur en Zeewezen | 1   | 1801 A    | wl 1801 A                                    | 2   | 5   |
| 15 | A    |    | N.V. Zeekanaal                      | 1   |           | Zielbeek (Rupel) bij Ruisbroek               | 3   | 5   |
| 16 | B    | c  | Watering de Kleine Gete             | 1   | 4.4.096   | De Kleine Gete (Zoutleeuw richting Budingen) | 3   | 5   |
| 17 | L    |    | Landelijke Waterdienst              | 1   |           | Omleidingsgracht Zwarte Winterbeek           | 2   | 5   |

# FOTO's

## De schroefpomp

- Foto 1      Zicht doorheen het pomphuis
- Foto 2      Schoepenwaaier en leischoepen in detail
- Foto 3      Zijaanzicht pomphuis
- Foto 4      De schoepenwaaier

## De proef met vissen op het centrifugaalpompemaal 'Elektriek Zuid'

- Foto 5      Het opvangnet
- Foto 6      De centrifugaalpomp
- Foto 7      Het gebouw met het pompemaal (buitenzicht)
- Foto 8      De aandrijving van de centrifugaalpomp
- Foto 9      De meest opvallende visschade bij centrifugaalpompen

## De proef met vissen op het vijzelpompemaal 'Sint-Karelsmolen'

- Foto 10     De meest opvallende visschade bij vijzelpompemalen
- Foto 11     Het gebouw waarin de vijzel is opgesteld.
- Foto 13     Het opvangnet bij de vijzelpomp

- Foto 12     Het vijzelpompemaal te Ramskapelle

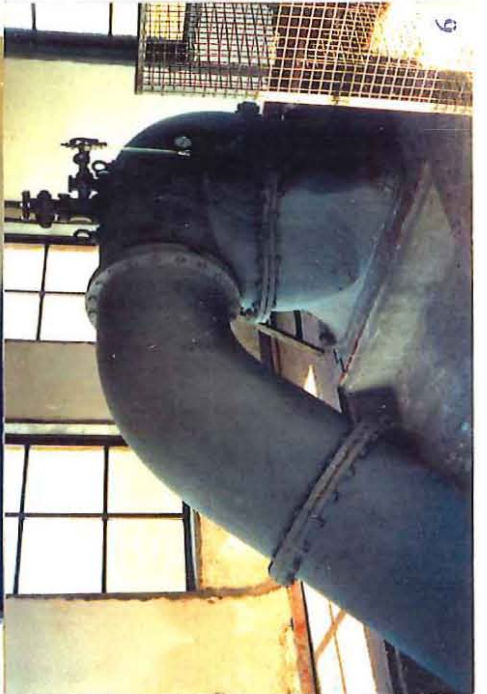
## Onderzoek om en nabij de schroefpomp in Woumen (IJzer)

- Foto 14     Het gebouw waar de schroefpompen in opgesteld staan
- Foto 15     Visschade (decapitaties) bij karper en voorn
- Foto 16     Schaafwonde bij de paling
- Foto 17     Decapitaties bij voorn, kneuzing bij paling
- Foto 18     Restanten van vissen
- Foto 19     Huidrestanten van paling en kneuzing bij paling
- Foto 20     Decapitaties, wervelbreuk en visrestanten





8



6



5



4



3



2



1



7

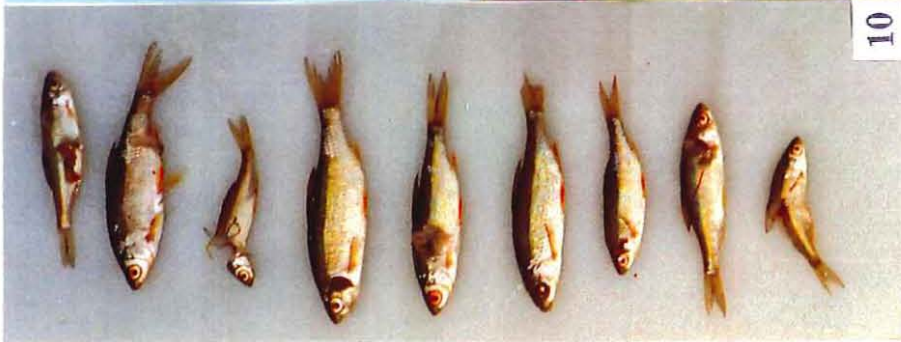
13



11



10



12

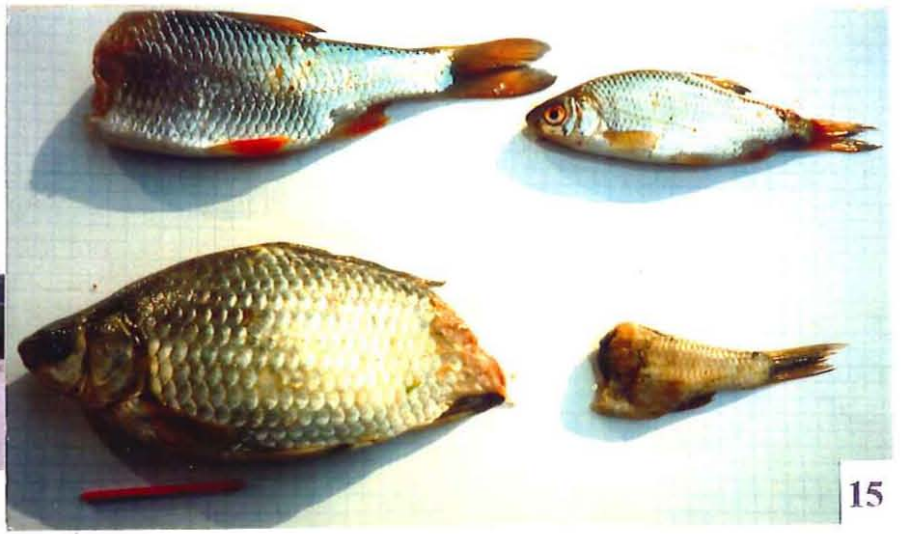


9





14



15



16



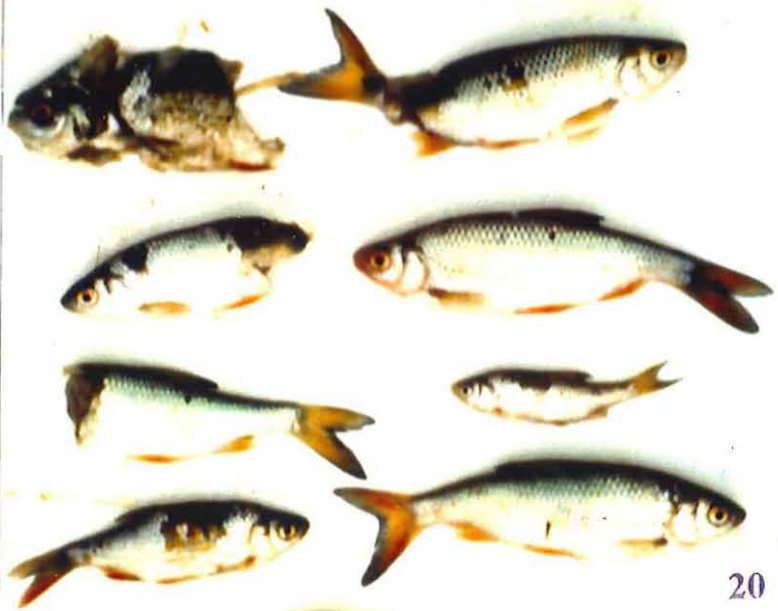
17



18



19



20