

# Wageningen IMARES

## Institute for Marine Resources & Ecosystem Studies

Vestiging IJmuiden  
Postbus 68  
1970 AB IJmuiden  
Tel.: 0255 564646  
Fax: 0255 564644

Vestiging Yerseke  
Postbus 77  
4400 AB Yerseke  
Tel.: 0113 672300  
Fax: 0113 573477

Vestiging Den Helder  
Postbus 57  
1780 AB Den Helder  
Tel.: 022 363 88 00  
Fax: 022 363 06 87

Vestiging Texel  
Postbus 167  
1790 AD Den Burg Texel  
Tel.: 0222 369700  
Fax: 0222 319235

Internet: [www.wageningenimares.wur.nl](http://www.wageningenimares.wur.nl)  
E-mail: [imares@wur.nl](mailto:imares@wur.nl)

## Rapport

Nummer: 06.017

## Welzijn van Paling (*Anguilla anguilla*)-gedrag en stress

H. van der Mheen<sup>1</sup>, S. Hillebrand<sup>2</sup>, J.W. van de Vis<sup>1</sup> en E. Lambooij<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Wageningen IMARES

<sup>2</sup>Divisie Veehouderij, Animal Sciences Group

Project nummer: 359-12020-03

Aantal exemplaren:	12
Aantal pagina's:	24
Aantal tabellen:	-
Aantal figuren:	-
Aantal bijlagen:	1

Wageningen IMARES is een samenwerkingsverband tussen Wageningen UR en TNO. Wij zijn geregistreerd in het Handelsregister Amsterdam nr. 34135929 BTW nr. NL 811383696B04



De Directie van Wageningen IMARES is niet aansprakelijk voor gevolgschade, alsmede voor schade welke voortvloeit uit toepassingen van de resultaten van werkzaamheden of andere gegevens verkregen van Wageningen IMARES; opdrachtgever vrijwaart Wageningen IMARES van aanspraken van derden in verband met deze toepassing.

Dit rapport is vervaardigd op verzoek van de opdrachtgever hierboven aangegeven en is zijn eigendom. Niets van dit rapport mag weergegeven en/of gepubliceerd worden, gefotokopieerd of op enige andere manier zonder schriftelijke toestemming van de opdrachtgever.

# Inhoudsopgave

Inhoudsopgave.....	2
Samenvatting.....	3
1. Inleiding .....	4
2. Wettelijke eisen houden van vis .....	5
2.1 Europese Unie.....	5
2.2 Nederlandse wetgeving.....	5
2.3 Eisen met betrekking tot welzijn .....	5
3. Vrijheden voor welzijn.....	6
3.1 Vrijheid van honger en dorst.....	6
3.2 Vrijheid van ongerief .....	8
3.3 Vrijheid van pijn, verwondingen en ziekte .....	9
3.4 Vrijheid om normaal natuurlijk gedrag te uiten.....	9
3.5 Vrijheid van angst en stress.....	10
4. Stress(fysiologie) van paling.....	12
4.1 Sorteren .....	12
4.2. Onthouden van voer voor slachten .....	13
4.3 Transport.....	14
5. Conclusies .....	15
6. Literatuur .....	16
Bijlage 1 .....	22

## Samenvatting

Het is duidelijk zijn dat er nog grote leemtes in onze kennis over welzijn van vissen bestaan, maar op basis van de huidige literatuur is het aannemelijk dat vissen gevoelens hebben. De Nederlandse overheid concludeert ook dat het aannemelijk is dat gewervelde vissen niet fundamenteel verschillen van andere gewervelde dieren, en dat het gewenst is om een welzijnsbeleid voor vissen te ontwikkelen.

Binnen Europa zijn er tot op heden geen duidelijke richtlijnen voor het houden van vis. Eisen met betrekking tot het welzijn van vissen bestaan ook niet. Vijf vrijheden, van honger en dorst, van ongerief, van pijn, verwondingen en ziekte, van angst en stress en de vrijheid om normaal natuurlijk gedrag te kunnen uiten worden over het algemeen gebruikt voor het vaststellen van het welzijn, of het ontbreken daarvan. Deze vrijheden zijn in eerste instantie opgesteld voor warmbloedige landbouwhuisdieren en vervolgens door de Fisheries Society of the British Isles aangepast voor vissen.

In de beleidsnota dierenwelzijn geeft de overheid aan dat de veehouderij en de houderij van gezelschapsdieren binnen 10 tot 20 jaar omgebogen moeten zijn in de richting van het perspectief van het soorteigen gedrag. Het houderijsysteem is daarbij aangepast aan het dier in plaats van dat het dier aan het houderijsysteem is aangepast. Omdat dit ook van toepassing is op de kweek van vis is het noodzakelijk het natuurlijk gedrag van vissen te kennen.

In deze literatuurstudie bespreken wij de welzijnsaspecten en de situatie op een vijftiental aal kweek bedrijven binnen het kader van de genoemde vrijheden, waarbij de nadruk ligt op het gedrag van alen.

# 1. Inleiding

Welzijn gaat over de kwaliteit van het leven of het gebrek er aan. Voordat welzijn aangetast kan zijn moet het dier zich op één of andere manier gewaar zijn van die kwaliteit van leven. De vraag is of vissen een dergelijk bewustzijn bezitten. In twee review artikels geven Chandroo et al. (2004) en Braithwaite and Huntingford (2004) helder aan dat hoewel de hersenstructuur van vissen afwijkt van andere gewervelde dieren dit geen reden kan zijn om bepaalde hersenfuncties te ontkennen, wat Rose (2002) wel doet. Wanneer we het uitgangspunt van Rose nemen, namelijk een goed ontwikkelde cerebrale cortex is vereist om gevoelens te kunnen hebben, dan betekent dit dat zeer jonge kinderen en alle gewervelde dieren, behalve primaten, geen gevoelens kunnen hebben. Rose (2002) stelt dat als dieren in zich een voorstelling kunnen maken van hun omgeving en de mogelijke consequenties van hun eigen gedrag, het aannemelijk is dat ze gevoelens kunnen ervaren. Chandroo et al. (2004) en Braithwaite and Huntingford (2004) geven verschillende voorbeelden van onderzoeken die aantonen dat vissen gedrag vertonen waaruit blijkt dat ze zich bewust zijn van de consequenties van dat gedrag. Ze hoeven dit niet altijd te leren door het zelf te ervaren maar kunnen ook leren door het observeren van ervaringen van soortgenoten. Daarnaast geven zij aan dat er meer en meer aanwijzingen zijn dat vissen hersenfuncties bezitten die geassocieerd zijn met emotie en gemotiveerd gedrag. Ook halen beide artikelen verschillende onderzoeken aan die erop wijzen dat vissen pijn, angst en chronische stress kunnen beleven op een manier die vergelijkbaar is met gewervelde landdieren. Ze concluderen dan ook dat het waarschijnlijk is dat vissen over bewustzijn beschikken, en dat het welzijn van gehouden vissen serieus genomen dient te worden. We willen hierbij opmerken dat vissen een zeer omvangrijke klasse van dieren omvat, die onderling sterk kunnen verschillen op het gebied van gedrag en de leefomgeving. Er bestaat tussen vissen dan ook een grote variatie in hersenstructuren en -functies (Munro and Dodd, 1983). Daarnaast is er sprake van mate van domesticatie wat een grote invloed kan hebben op het welzijn van de gehouden vissen (Pottinger and Pickering, 1997).

Het mag duidelijk zijn dat er grote leemtes in onze kennis over welzijn van vissen bestaan, maar op basis van de huidige literatuur is het aannemelijk dat vissen gevoelens hebben (Chandroo et al., 2004; Braithwaite and Huntingford, 2004).

De Nederlandse overheid concludeert ook dat het aannemelijk is dat gewervelde vissen niet fundamenteel verschillen van andere gewervelde dieren, en dat het gewenst is om een welzijnsbeleid voor vissen te ontwikkelen (LNV, 2002).

Tot nu toe werd bij onderzoek naar welzijn van vis bijna uitsluitend gekeken naar de productiekennmerken, en vooral groei en voederconversie. Om het welzijn echter goed te kunnen beoordelen is het nodig deze kenmerken te combineren met het gedrag van de vissen en stressfysiologische parameters. Het niet kunnen uiten van gedrag dat voor een soort essentieel is kan een negatieve invloed hebben op het welzijn van de dieren. Zo wordt wroetgedrag van varkens, de mogelijkheid om te kunnen scharrelen en stofbaden bij kippen als essentieel beoordeeld. De afwezigheid om dit gedrag te kunnen uiten wordt gezien als een verstoring van het welzijn van deze dieren.

In de beleidsnota dierenwelzijn geeft de overheid aan dat de veehouderij en de houderij van gezelschapsdieren binnen 10 tot 20 jaar omgebogen moeten zijn in de richting van het perspectief van het soorteigen gedrag. Het houderijsysteem is daarbij aangepast aan het dier in plaats van dat het dier aan het houderijsysteem is aangepast (LNV, 2002). Omdat dit ook van toepassing is op de kweek van vis is het noodzakelijk het natuurlijk gedrag van vissen te kennen.

Van het gedrag van vis, de essentie om bepaald gedrag te kunnen uitvoeren, en de effecten als dit gedrag niet uitgevoerd kan worden is eigenlijk nog maar weinig bekend.

Er is een groot aantal vissoorten en slechts een beperkt aantal hiervan wordt gehouden voor productiedoeleinden. Vissoorten verschillen sterk van elkaar, en daarom zullen de eisen die ze stellen aan hun leefomgeving ook verschillend zijn. Dit houdt in dat de eisen die gesteld moeten worden aan een houderijsysteem soortspecifiek zijn. Om die reden bespreken wij in deze literatuurstudie alleen de welzijnsaspecten van de kweek van paling, waarbij de nadruk ligt op het gedrag. Hierbij kijken we alleen naar de aspecten van de houderij vanaf het moment dat de

dieren op het bedrijf verschijnen tot de afvoer vanaf het bedrijf. Vangst en vervoer van glasaal en het doden van de aal komen niet aan de orde in dit rapport. In de literatuurstudie is gebruik gemaakt van een in het verleden afgeronde inventarisatie, uitgevoerd op een vijftiental aal kweekbedrijven.

De in dit rapport beschreven literatuurstudie hebben we uitgevoerd in het kader van het LNV project "Onderzoek naar natuurlijk gedrag en fysiologie van de Afrikaanse meerval (*Clarias gariepinus*) en paling (*Anguilla anguilla*)", dat een onderdeel is van het LNV programma Dierenwelzijn (BO-07-434).

## 2. Wettelijke eisen houden van vis

### 2.1 Europese Unie

De Europese unie heeft vier conventies opgesteld die betrekking hebben op onder meer het welzijn van dieren. Deze conventies hebben direct betrekking op het transport van dieren (ETS 65, 1968), het houden van dieren voor productie of andere economische doeleinden (ETS 87, 1976), het doden en slachten van dieren (ETS 102, 1979) en op het gebruik van gewervelde dieren voor onderzoek (ETS 123, 1986).

Over het omgaan en houden van vis zijn deze conventies weinig specifiek. Voor transport wordt slechts gezegd dat vis op een manier moet worden getransporteerd die voor de soort geschikt is. Daarnaast moet het transport zo kort mogelijk duren.

Binnen de conventie voor het houden van dieren is het onderdeel voor vis nog niet uitgewerkt, en krijgt op dit moment dan ook nog geen aandacht. Wel is de raad bezig met het opstellen van een aanbeveling met betrekking tot visteelt binnen het raamwerk van het houden van dieren voor productie of andere economische doeleinden.

### 2.2 Nederlandse wetgeving

Voor landbouwhuisdieren bestaat er een uitgebreid pakket aan welzijnseisen opgesteld binnen de Gezondheids- en welzijnswet voor dieren (GWWD). Deze wet is in 1992 aangenomen. Op enkele algemene artikelen uit de GWWD na, zijn deze welzijnseisen niet van toepassing op vissen. Het ontbreekt dan ook aan minimum eisen voor het houden van vis.

Het nee-tenzij principe, op basis waarvan de GWWD is opgesteld, geldt echter wel voor de te houden vissoorten. Alleen vissoorten die op de lijst te houden diersoorten voorkomen mogen voor productie gehouden worden. Voor andere soorten is het mogelijk toestemming te krijgen mits wordt aangetoond dat het houden van die vissoort geen schade voor het welzijn van de dieren inhoudt. Vissoorten die al op enige schaal in Nederland gehouden werden, zijn bij het opstellen van de lijst automatisch aan de lijst toegevoegd, in de veronderstelling dat hiermee voldoende ervaring opgedaan is dat ze goed te houden zijn.

### 2.3 Eisen met betrekking tot welzijn

Binnen Europa zijn er tot op heden geen duidelijke richtlijnen voor het houden van vis. Eisen met betrekking tot het welzijn van vissen bestaan ook niet. De FAWC (Farmed Animal Welfare Council, Londen) heeft in 1996 een rapport over het welzijn van vissen uitgebracht (FAWC, 1996). Dit rapport is alleen gericht op het houden van zalm en forel. Richtlijnen hiervoor zijn opgesteld in heel algemene termen, als voldoende water, minimaliseren van predatie, geschikte hoeveelheid en soort voer, etc. Over het onderwerp dichtheid stelt het rapport dat de dichtheid de vis in staat moet stellen tot normaal gedrag met een minimum aan pijn, stress en angst. Over gedrag en omgeving geeft het rapport slechts aan dat de vereisten voor omgevingstimuli voor zalm onderzocht moeten worden.

De vijf vrijheden worden het meest gebruikt om welzijn van dieren vast te stellen. In 1965 stelde de Britse overheid voor dat alle gehouden dieren de vrijheid moeten hebben om te kunnen staan, liggen, omdraaien, zichzelf verzorgen en hun ledenmaten te strekken (Brambell, 1965). De FAWC besloot in 1993 dat deze regels zich veel te veel concentreerden op alleen de ruimte behoefte van dieren en op slechts één aspect van gedrag, terwijl alle andere aspecten die bijdragen aan goed welzijn, zoals voedsel en gezondheid uitgesloten bleven. De toen opgestelde vrijheden vormen de basis van de welzijnseisen die aan het houden van landbouwhuisdieren worden gesteld en omvatten:

- 1 Vrijheid van honger en dorst
- 2 Vrijheid van ongerief
- 3 Vrijheid van pijn, verwondingen en ziekte
- 4 Vrijheid om normaal natuurlijk gedrag te uiten
- 5 Vrijheid van angst en stress

De hierboven genoemde vrijheden zijn opgesteld voor warmbloedige landbouwhuisdieren en niet voor vissen. Het mag duidelijk zijn dat deze vrijheden voor vissen enige bijstelling behoeven. De Fisheries Society of the British Isles (FSBI, 2002) hebben de vijf bovengenoemde vrijheden van aangepast voor vissen. Het welzijn van vis, en in dit geval aal, bespreken we aan de hand van deze, voor vis, bijgestelde vrijheden.

### 3. Vrijheden voor welzijn

De vrijheden voor vis bespreken wij in algemene zin, en vergelijken die met de gegevens zoals die in 1989 en 1990 op 18 praktijkbedrijven in Nederland en Denemarken zijn verzameld (Kamstra en Davidse, 1991). We moeten hierbij opmerken dat deze informatie niet helemaal up-to-date is. De houderij van aal zal zich in de tussenliggende tijd hoogstwaarschijnlijk verder hebben ontwikkeld, waardoor de actuele situatie kan afwijken van de hier beschreven situatie. Meer recentere informatie van meerdere bedrijven is nog niet beschikbaar.

#### 3.1 Vrijheid van honger en dorst

Voor vissen vertaalde de FSBI (2002) de vrijheid van honger en dorst als volgt:

*Vissen moeten voldoende en een nutritioneel compleet dieet tot hun beschikking hebben. Er wel rekening mee houdend dat het natuurlijke dieet van vissen sterk fluctueert, dat vissen hun lichaamstemperatuur niet hoeven te handhaven, en dat de voedselbehoefte afhankelijk is van seizoenen en levensstadium.  
Vissen moeten het voer op kunnen nemen op een manier die overeenkomt met het natuurlijke voeropnamegedrag van de betreffende vissoort en op een manier die competitie voor voer minimaal houdt.*

Over het algemeen zal een palingkweker er voor zorgen dat de dieren voer van een goede kwaliteit krijgen en in voldoende mate. Goede groei is immers een belangrijk bedrijfsdoel. Toch zijn er fasen waarbij de alen onvoldoende voer opnemen. Direct bij aankomst op het bedrijf krijgen ze de eerste dagen geen voer aangeboden, en daarna volgt een kritische fase van het "op het voer" krijgen van de dieren. In die fase treden grote verschillen op in groei, die duiden op grote verschillen in voeropname. Wat de oorzaak hiervan is, is niet bekend. Een groot deel van de glasalen neemt het voer op, en gaat ook goed over op droogvoer, maar een niet onbelangrijk deel doet dit in veel mindere mate of helemaal niet. De reden hiervoor is niet bekend. Wel is bekend dat grotere alen vrij conservatieve eters zijn die zich specialiseren op een bepaald type voer en maar langzaam op ander voedsel overschakelen (Knights, 1983). Niet bekend is of dit ook voor glasaal geldt.

Omdat sterfte in deze fase vaak onopgemerkt blijft, is niet precies bekend hoeveel dieren op praktijkbedrijven deze fase niet doorkomen. Uit proeven naar verschillende startvoerders blijkt de overleving na 173 dagen rond de 75% te liggen (Kamsta en van der Heul, 1993). Waarbij de geteste voertypen niet veel invloed op de sterfte hadden. Uit eerder onderzoek bleek de overleving tussen 37 en 55 % te liggen afhankelijk van de dichtheid (Degani en Levanon, 1983). Ook blijkt er vaak een groot verschil te zijn in het aantal glasalen dat een bedrijf aanvoert en het aantal dieren dat later als marktwaardige vis op de markt komt. In 1992 was op verschillende aal bedrijven de overleving van glasaal tot marktgewicht slechts 25-40% (Heinsbroek en Kreuger, 1992). Dit was grotendeels toe te schrijven aan sterfte in de opstartfase, vooral veroorzaakt doordat glasalen onvoldoende voer opnamen.

Bij glasalen die wel eten zijn de groeiverschillen groot. Om achterblijvers opnieuw een kans te geven en om kannibalisme te voorkomen is moeten ze regelmatig gesorteerd worden op grootte. Dit sorteren gebeurt ook als de alen groter zijn. Sorteren gebeurt vaak machinaal, de alen worden door middel van een pomp samen met water over sorteerroosters geleid en op die manier gesorteerd. De dieren van dezelfde grootte komen vervolgens samen in een kweekbak. Glasaal wordt met een bandautomaat gevoerd, die gedurende langere tijd voer in het water laat vallen. De dieren eten het voer van de wateroppervlakte of er net onder. Grotere alen worden vaak met of pendelautomaat gevoerd die boven de kweekbakken hangt. De vis kan een staaf bewegen die in het water hangt waardoor er voer naar beneden valt. In dat geval kunnen de dieren zelf bepalen hoeveel voer ze opnemen en gaat er weinig of geen voer verloren. Er is ook sprake van duidelijke voerplaatsen. Dieren die willen eten moeten een plek bemachtigen op deze voerplaatsen. Dominantere dieren kunnen een voerplek domineren waardoor kleinere alen onvoldoende voer op kunnen nemen. Dit is bekend bij meerval, waarbij ranglage dieren pas naar de voerplaatsen gaan als de dominantere dieren vertrokken zijn (Randolph en Clemens, 1976). Betere verdeling of hogere voederfrequentie zou dit kunnen verbeteren, maar dit is bij hoge dichtheden niet altijd effectief (Jobling, 1983. Wickins, 1983). Het eetgedrag kan door stress zodanig onderdrukt zijn dat ranglage alen niet eten al is er voldoende voer aanwezig. Sociale stress lijkt hierbij een belangrijke rol te spelen.

Hoewel er dus altijd voldoende voer aanwezig is blijkt er ook bij de grotere alen een grote variatie in groei te bestaan. Hoe groot de individuele verschillen in groei en in voeropname zijn op praktijkbedrijven is vaak niet bekend, omdat de dieren regelmatig gesorteerd worden en niet individueel gevolgd kunnen worden. In intensieve palingkweek gebeurt dit sorteren tenminste eenmaal iedere twee maanden. Kamstra (1993) vond geen invloed van sorteren op totale biomassa productie maar ook niet op de verdeling van individuele gewichten. Variatie in gewichten was met of zonder sorteren even groot. Dit was eerder ook gevonden bij beekrider (Wallace en Kolbeinshavn, 1988) en bij zalm (Gunnes, 1976). Kamstra concludeert hieruit dat de hiërarchische effecten blijikbaar niet verantwoordelijk zijn voor de langzame groei van kleinere dieren. Ook Jobling en Reinsnes (1986, of 1987) en Wickins (1987) concluderen dat langzame groei vooral veroorzaakt worden door fysiologische oorzaken en niet noodzakelijk door sociale interacties. Het is echter ook mogelijk dat er ook onder de gesorteerde dieren weer een duidelijke hiërarchie ontstaat waarbij een gelijk aantal dieren weer achterblijft in groei. Andere alen die eerst ranglaag waren en langzaam groeiden, worden na sorteren geconfronteerd met andere ranglage dieren waardoor ze dominant kunnen worden. Hiermee kan ook verklaard worden waarom er geen verschil is in wel of niet sorteren terwijl er wel degelijk sociale interacties verantwoordelijk zijn voor de variatie in groei.

Aan het eind van de kweek volgt een fase van een paar dagen waarin de alen afzwemmen. Om een mogelijke grondsmak kwijt te raken verblijven de alen een paar dagen (2-5 dagen) in een bassin met doorstroming van vers water. Gedurende die periode worden de alen niet gevoerd. Hoewel alen een lange tijd zonder voer kunnen overleven, levert voeronthouding bij gekweekte dieren in eerste instantie sterke onrust op.

We kunnen dus stellen dat hoewel de viskweker er alles aan zal doen om zijn alen voldoende voer aan te bieden, het niet zo is dat ieder individueel dier te allen tijde voldoende voer krijgt. Vissen zijn koudbloedig, en hoeven geen energie te gebruiken om hun lichaam op temperatuur te houden. Hierdoor is de onderhoudsbehoefte lager dan die van warmbloedigen. Koudbloedige dieren vertonen hierdoor ook een veel grotere variatie in voedselopname dan warmbloedigen. Temperatuur of seizoen bepaalt een groot deel van die variatie. Dit wil echter niet zeggen dat ze geen mechanisme hebben dat ze aanspoort om voedsel op te nemen. Alen worden

gehouden onder condities waarbij maximale groei te verwachten is. Het is aannemelijk dat, indien de overige houderijcondities goed zijn, ze onder deze omstandigheden veel voer op willen nemen. In dat geval is het onthouden van voer, door de kweker of door soortgenoten of het onderdrukken van het voedselzoekgedrag als gevolg van stress, een tekortkoming in hun welzijn.

## 3.2 Vrijheid van ongerief

Vrijheid van ongerief paste de FSBI (2002) als volgt voor vissen aan:

*Vissen moeten in water gehouden worden van een kwaliteit, temperatuur en stroomsnelheid die geschikt is voor de betreffende soort.*

*Seizoensgebonden en dagelijkse licht regimes moeten passen bij de betreffende vissoort.*

*Vissen moeten beschikking hebben over beschutting en bescherming.*

De invloed van de verschillende kwaliteitsparameters van water voor vissen en alen in het bijzonder, de eisen die alen stellen aan deze parameters en de effecten wanneer de kwaliteit niet voldoende is staan vermeld in bijlage 1.

Op de praktijkbedrijven troffen Kamstra en Davidse (1991) de volgende situatie aan.

Bij aankomst op de kwekerij komen de glasalen in een speciaal systeem bij een temperatuur van 12°C. Binnen enkele dagen stijgt de temperatuur naar 25°C.

De alen zwemmen in kweekbakken met een constante doorstroming van water. Het water dat uit de kweekbakken komt wordt met verschillende filtersystemen gezuiverd van vaste zwevende deeltjes, maar ook van organische stof, ammoniak en een te hoog kooldioxide gehalte.

Daarnaast voegt de kweker extra zuurstof aan het water toe. Dit gezuiverde water is dan weer geschikt om naar de kweekbassins te gaan. Controle en regelapparatuur zorgen ervoor dat de waterkwaliteit op een gewenst niveau blijft. De waterdoorstroming varieert op de bedrijven van 5 tot 74 m<sup>3</sup>/uur.ton. De verblijfsduur van het water in een tank varieerde hiermee van 7 tot 110 minuten. Meestal lag het debiet tussen 12 -25 m<sup>3</sup>/uur.ton. In één geval was het veel hoger omdat de geplande toevoeging van zuivere zuurstof achterwege was gebleven.

Kwekers streefden naar temperaturen onder 24°C omdat de alen bij hogere temperaturen minder voer opnamen. De temperatuur op veel bedrijven kwam echter regelmatig boven dit optimum van 24°C

De pH van het water lag op de onderzochte bedrijven gemiddeld tussen 6,0 en 7,4, er waren echter grote fluctuaties waaruit blijkt dat er nog veel te optimaliseren was. De pH is bepalend voor de verhouding ammonia/ammonium, waardoor een goede beheersing van de pH belangrijk is.

De concentratie NH<sub>4</sub>-N lag op de meeste bedrijven hoger dan de grenswaarden die uit de literatuur bekend zijn. Op één bedrijf lag de concentratie zelfs op 10 mg/l omdat dit bedrijf vissen langer aanhield voor verkoop op een later tijdstip.

De concentraties NO<sub>2</sub>-N lagen ook aanzienlijk hoger dan de grenswaarden uit de literatuur. Dit hoeft geen problemen te geven indien het nitriet effect voldoende wordt opgevangen door chloride of calcium ionen. Aantoonbare negatieve gevolgen van de hoge waarden werden dan ook niet aangetoond.

Van slechts één bedrijf was een meetserie van zuurstof bekend. Het uitgaande water van een langstroom-bassin lagen af en toe onder de geaccepteerde waarden. In een langstroom-bassin hoeft dit echter niet direct tot problemen te leiden als het instromende water een voldoende hoog zuurstof gehalte heeft. De vissen kunnen dan bij de inlaat voldoende zuurstof vinden. Maar dit kan niet voldoende zijn voor alle alen, waardoor er competitie optreedt voor het "beste" water.

De bekende waterkwaliteitsparameters worden doorgaans op kwekerijen in de gaten gehouden om er voor te zorgen dat de grenswaarden niet worden overschreden. Echter, water bevat veel meer opgeloste stoffen en de genoemde waterparameters geven niet een volledig beeld. Extra waterverversing in recirculatiesystemen heeft een duidelijke invloed op de voeropname van aal, en bij weinig verversing waren er duidelijke symptomen van vergiftiging. Toch kon er geen



verband gelegd worden tussen waterverversing en de water kwaliteit gemeten met de bovengenoemde waterparameters (Kamstra et al., 1997).

### 3.3 Vrijheid van pijn, verwondingen en ziekte

De vrijheid van pijn, verwondingen en ziekte voor vissen vult de FSBI (2002) als volgt in:

*Ziekten moeten worden voorkomen, en als ze optreden snel gediagnosticeerd en waar mogelijk behandeld.*

*Omstandigheden die pijn kunnen veroorzaken moeten tot het minimum worden beperkt zoals dat ook voor andere gewervelden geldt.*

Kennis over pijnbeleving van vissen is gering. Het is daarom niet mogelijk om met voldoende zekerheid aan te geven welke condities gevoelens pijn kunnen opwekken. Deze vrijheid houdt ook in dat insleep van en besmetting met ziektekiemen zoveel mogelijk vermeden moet worden. Zodra dieren ziek zijn dienen ze zo snel mogelijk behandeld te worden. De kans van insleep van ziektekiemen met inkomend water op bedrijven met recirculatiesystemen, zoals alle paling en meerval bedrijven in Nederland, is klein. De bron voor het verversingswater is meestal een bron of leidingwater waardoor het water goed gezuiverd is. Op het bedrijf aanwezige kiemen verlaten het systeem echter niet gemakkelijk. De infectiedruk op een bedrijf is over het algemeen direct gerelateerd aan de waterkwaliteit. Behandelingen zijn nauwelijks toegestaan in de visteelt.

In de aalteelt wordt glasaal van buiten aangevoerd. Deze is afkomstig van wildvangst, en hiermee bestaat de mogelijkheid van insleep van ziektekiemen. De glasalen op hun beurt komen binnen een bedrijf en worden blootgesteld aan water met ziektekiemen van andere alen. Het is dus aannemelijk dat zowel de glasalen als de grotere dieren regelmatig aan ziekten worden blootgesteld. Naast het veranderen van de waterkwaliteit of het verhogen van het zoutgehalte, het veranderen van de temperatuur, en het gebruik van UV licht beschikken viskwekers over weinig middelen voor het behandelen van ziekten.

Op grond van de literatuur kon geen goed beeld van het voorkomen van ziekten op de praktijkbedrijven worden verkregen omdat logboeken over ziekten, behandelingen en resultaten van de behandelingen niet voorhanden waren op de bedrijven. Wel gebruikten veel bedrijven preventief middelen die een positief effect hadden op de groei. Daarnaast werd opgemerkt dat op de meeste bedrijven regelmatig situaties voorkwamen met slechte voederconversies die veroorzaakt werden door ziektes.

### 3.4 Vrijheid om normaal natuurlijk gedrag te uiten

De FSBI (2002) vult voor vissen de vrijheid om normaal natuurlijk gedrag te uiten als volgt in:

*Vissen moeten voldoende ruimte hebben voor een zekere mate van vrijheid van beweging, de mate waarin dit nodig is is afhankelijk van de soort.*

*Voor vissen die normaal in scholen zwemmen, is de aanwezigheid van soortgenoten van groot belang, voor territoriaal ingestelde soorten is dit juist niet het geval.*

*Een zekere complexiteit van de omgeving, of omgevingsverrijking kan belangrijk zijn, maar hangt ook weer van de soort af.*

Alen migreren in het glasaalstadium stroomopwaarts in zoetwater, maar als ze eenmaal hun plek gevonden hebben verplaatsen ze zich weinig. In een kleine rivier bleek dat 84% van de verplaatsing van dag op dag minder was dan 10 meter, in 53% van de gevallen werd helemaal geen verplaatsing waargenomen ten opzichte van de vorige dag. Het gebied dat de alen dagelijks bezochten was niet groter dan 40 m<sup>2</sup>, behalve als ze verhuisden. Alen hebben dus een verbondenheid met een bepaalde plek (Baras et al., 1998) van waaruit ze foerageren. Alen zijn vooral in het donker actief en verbergen zich overdag in schuilplaatsen. Gedurende de nacht zijn er korte perioden met veel activiteit afgewisseld met perioden van complete rust,

zowel in als buiten de schuilplaats (Baras et al, 1998). Zelfs de intensiteit van maanlicht is waarschijnlijk te hoog voor normaal nachtelijk voedselzoekgedrag. Bij volle maan gedroegen de alen zich onrustiger, met kortere perioden van veel activiteit in vergelijking met donkerder nachten. Ook in kweekbakken is de licht donker cyclus de bepalende factor voor het bewegen en het foerageergedrag van paling (Dou en Tsukamoto, 2003).

Overdag bevonden de alen zich zonder uitzondering in schuilplaatsen. Favoriete schuilplaatsen zijn onder natuurlijke omstandigheden stenen kanten van de rivier (Baras et al., 1998). De alen die Baras bestudeerde bevonden zich in een rivier met veel schuilmogelijkheden. Dit verklaart mogelijk de weinige verplaatsingen van de alen. Andere studies toonden namelijk grotere verplaatsingen. Het sediment van de bodem heeft voor alen geen voorkeur als schuilplaats. Schuilen in de bodem werd alleen waargenomen in een enkel geval waarbij een aal rustte in een open leeg gebied waar geen andere schuilmogelijkheden waren.

Onder kweekomstandigheden is ook het effect van schuilmogelijkheden onderzocht. Palingen zochten beschutting om licht te ontwijken, waarbij buizen de voorkeur kregen boven zand. Meerdere palingen schuilden in dezelfde buis (Dou en Tsukamoto, 2003). De alen leken een voorkeur te hebben om met meerdere dieren in één buis te kruipen, ook als er andere buizen beschikbaar waren. Edel toonde ook aan dat de aanwezigheid van schuilmogelijkheden meer effect had dan de beschikbaarheid ervan (Edel, 1976)

Glova (2002) onderzocht de voorkeur voor verschillende typen schuilplaatsen systematischer. Glova toonde aan dat alen (*Anguilla australis*) meer gebruik maken van schuilplaatsen bij verhoging van de dichtheden. Tevens was er sprake van een vermindering van de variatie rond het gemiddelde bij hogere dichtheden. Dit duidt op een eenduidiger gebruik van de schuilplaatsen door alle alen. Ook laat dit onderzoek zien dat alen bij lagere dichtheden voorkeur hebben voor waterplanten of stenen, maar dat bij hogere dichtheden de voorkeur verschuift naar stenen. Buizen hadden niet de voorkeur van de alen, het gebruik verhoogde wel als de buizen gedeeltelijk ingegraven of begroeid waren.

Kushnirov en Degani (1991) hebben onderzoek gedaan naar de combinatie van het effect van licht en schuilmogelijkheden. Veel licht met iedere acht uur een korte periode van donker in combinatie met schuilmogelijkheden moesten het agressieve gedrag van de dieren verminderen, waardoor er minder variatie in groei zou zijn. Helaas is dit onderzoek slechts in enkelvoud uitgevoerd waardoor geen conclusies konden worden getrokken.

Onder natuurlijke omstandigheden was de verdeling van aal vooral bepaald door de beschikbaarheid van geschikte schuilplaatsen. Dichtheden van 62 individuen/100 m<sup>2</sup> werden gevonden in gebieden met geschikte schuilplaatsen (Fischer en Eckmann, 1997).

Op kweekbedrijven hebben de kweekbakken variërende afmetingen van 4 m<sup>2</sup> voor de kleinere dieren tot 50 m<sup>2</sup> voor de grootste alen. De kweekbakken waren in de meeste gevallen van beton gemaakt. Glasaal zat in dichtheden van 10-15 kg (10000 exemplaren) per m<sup>2</sup>, terwijl de grotere alen (vanaf 25 gram) tot 100 kg (tot 1000 exemplaren) per m<sup>2</sup> gehouden werden. De kweekbakken waren rond of rechthoekig met afgeronde hoeken.

Naar schuilmogelijkheden en lichtintensiteit is op de praktijkbedrijven nooit systematisch gekeken. Sommige bedrijven hebben lignetten voor de alen, maar andere bedrijven gebruiken geen enkele vorm van lig- of schuilplaatsen. Op de meeste bedrijven is het gedurende de dag "redelijk donker" maar wel met een dusdanige lichtintensiteit dat controle nog goed mogelijk is. 's Nachts is het op de meeste bedrijven nooit helemaal donker, bijna altijd brandt er wel een controle lamp (Kamstra, pers comm).

### 3.5 Vrijheid van angst en stress

In de ogen van de FSBI (2002) dient de vrijheid van angst en stress voor vissen als volgt te worden geïnterpreteerd:

*Omstandigheden die mogelijk leiden tot onacceptabele niveaus van onrust, angst, lijden, verveling, ziekte, dorst, honger en dergelijke moeten net als voor andere gewervelden ook voor vis geminimaliseerd zijn.*

Voordat we nader ingaan op de vrijheid van angst en stress is het van belang op te merken dat er weinig kennis is over angst bij vissen. Het is dan ook niet mogelijk om aan te geven onder welke omstandigheden er sprake kan zijn van angst.

Stress is een toestand waarin het evenwicht van de bio-fysiologische functies in het lichaam is verstoord door te grote lichamelijke of geestelijke inspanning en die bepaalde afweermechanismen in werking doet komen. Onder natuurlijke omstandigheden komen vissen vaak in een stressvolle situatie, bijvoorbeeld door contact met predatoren, confrontaties met soortgenoten, honger of toestanden van slechte condities. Stress is een reactie om met deze situatie om te kunnen gaan. De stressreactie zorgt ervoor dat een vis extra energie aanmaakt om te vluchten of te vechten, of om tijdelijk slechte condities het hoofd te bieden. Stress bij vissen veroorzaakt niet altijd een verhoging van het metabolisme. Sommige soorten kunnen ook reageren met juist een sterke verlaging van de metabole activiteit. Alen zijn hiervan goede voorbeelden (Wendelaar Bonga, 1997). Dit laat al zien dat verschillende vissoorten op een andere manier met stress om kunnen gaan.

Daarnaast is domesticatie van dieren, inclusief vissen, ook van invloed op de gevoeligheid voor stressfactoren. Lepage et al. (2000) toonden aan dat zee forel (*Salmo trutta*) afkomstig van wilde populaties een sterkere stress reactie vertoonde dan vissen afkomstig van gedomesticeerde populaties. Beide groepen waren vanaf het moment van bevruchting op gelijke wijze opgekweekt. De verschillen in stress reactie werden aangetoond zowel op het niveau van plasma concentraties van glucose en cortisol, als in dopamine niveaus in de hersenen.

Maar ook binnen groepen reageert niet iedere individuele vis op dezelfde manier op een stressor. De reactie van tipapia bleek afhankelijk te zijn van de individuele rang van het dier binnen een groep. Ranglage individuen reageerden op een stressor met sterkere stijging van het plasma cortisol, glucose en lactaat gehalte, en een sterkere daling in plasma osmolariteit dan vissen die dominanter waren. Daarnaast vertoonden de ranglage vissen meer beschadigingen aan de kieuwen. (Wendelaar Bonga, 1997). Confrontaties met dominante dieren in een tank resulteerden in veel stress bij de ranglage alen, dit was meetbaar aan de maagconditie van die dieren (Peters, 1982).

Chronische stress kan resulteren in afwijkend gedrag, onderdrukking van de immuunrespons, groei en reproductie. Beoordelen van stress is moeilijk. Een verhoging van de cortisol afgifte is een indicatie, maar een verlaging ervan betekent niet dat er geen stress is. Het mechanisme dat de afgifte van cortisol reguleert kan namelijk ook uitgeput zijn.

Paling reageert op chronische stress met een verhoging van het plasma cortisol gehalte. Bij *Anguilla rostrata* toonde Leitner et al. aan dat het blootstellen aan een 16 weekse stressor, in de vorm van een verhoogd cadmium gehalte, een meetbare verhoging van het cortisol tot gevolg had. Het plasma glucose gehalte verminderde twee weken na blootstellen. (Leitner et al., 1993)

Vermindering van groei is een normaal verschijnsel onder stress situaties. Onder andere veroorzaakt door verminderde eetlust. Eetlust en groei worden daarom vaak gebruikt als indicatoren voor stress. Het is echter niet juist om te concluderen dat bij een goede groei er geen sprake kan zijn van een stress situatie; bij warmbloedige landbouwhuisdieren die goed groeien kan er wel degelijk sprake zijn van een stress situatie. Vissen kunnen niet in onbeperkte dichtheden worden gehouden, maar de maximale dichtheid is afhankelijk van de soort. Optimale dichtheid is veel moeilijker te beoordelen. Als gezondheid, groei en voederconversie als maatstaf wordt gebruikt heeft chinook zalm 1,7 keer zoveel ruimte nodig dan forel, en heeft coho zalm weer 1,3 keer meer ruimte nodig. Behalve ruimte in inhoud is het ook van belang dat ze toegang tot voldoende bodemoppervlak hebben (Wedemeyer, 1997). Hoge dichtheden verminderen het eetgedrag en de groei bij coho zalm, beek forel en regenboogforel, maar hadden een positief effect op groei bij beekridder (Wendelaar Bonga, 1997). Ook Rueda vond bij Afrikaanse meerval dat hogere dichtheden de groei verbeterde, zwemactiviteit verhoogde, en tevens de agressie en het stereotiep gedrag van de meerval verminderde (Rueda, 2004). Gedragsveranderingen zijn belangrijk in het beoordelen van een stress situatie bij veel landbouwhuisdieren. Chronische stress bij varkens kan resulteren in elkaar veelvuldig manipuleren met de wroetschijf, elkaar beschadigen door middel van staartbijten maar ook in stereotiep gedrag als stangbijten of schijnkauwen en in apathisch gedrag waarbij de dieren nauwelijks meer reageren op prikkels en bijvoorbeeld onnatuurlijk zitgedrag vertonen. Vissen

reageren op chronische prikkels met bijvoorbeeld veranderingen in kleur of subtiele wijzigingen in hun posities of veranderingen van het gebruik van de waterkolom. Bij vis is het vaak moeilijk om gedragsveranderingen goed te beoordelen, omdat deze door ons vaak moeilijk te interpreteren en waarderen zijn. Het is echter onjuist aan te nemen dat vissen geen last hebben van chronische stress alleen omdat hun gedragsreacties niet overeenkomen met wat we in hogere gewervelden zien (Stokopf, 1994).

Bij vissen is gedragsverandering als gevolg van stress weinig onderzocht. Juell en Westerberg (1992 of 1993) vonden dat het gedrag van zalmen in kooien beïnvloed werd door de dichtheid. Bij een lage dichtheid bleven individuen voor langere perioden op één plaats en hadden geen duidelijke voorkeur voor een zwemrichting. Bij hogere dichtheden, die onder kweekomstandigheden normaal zijn, zwommen de dieren continu in rondjes. Dit toont aan dat het gedrag van een individu beïnvloedt wordt door zijn omgeving. De zalmen in hoge dichtheden bleven ook tijdens de nachten doorzwemmen, wat volgens de onderzoekers duidde op stereotiep gedrag dat door de houderijomstandigheden was opgewekt. Almanzan Rueda vond bij Afrikaanse meerval echter dat hogere dichtheden de agressie en het stereotiep gedrag verminderde (Almanzan Rueda, 2004).

Omdat stress het fysiologisch functioneren van een organisme beïnvloedt kan stress ook langdurige beschadigingen veroorzaken. Peters toonde aan dat beschadigingen aan het verteringsapparaat een goede indicator was voor stress bij alen (Peters, 1982). Ook kan stress een invloed hebben op de vergroting van de galblaas bij alen onder houderijomstandigheden (Willemse, et al., 1984). Verhoging van het aantal schuilplaatsen en de totale oppervlakte resulteerde in een reductie van het percentage vergrootte galblazen van 10 naar 1%. Bij de bedrijfsbezoeken concludeerden de onderzoekers dat er op de onderzochte bedrijven nog veel ruimte is voor aanzienlijke verbeteringen. De gemeten productiever verschillen tussen bedrijven konden echter niet gerelateerd worden aan gemeten parameters. Ziekten leken beheersbaar te zijn, maar perioden met verminderde eetlust en lethargie kwamen toch regelmatig voor. Verbetering van het management was dan ook een aanbeveling van de onderzoekers.

## 4. Stress(fysiologie) van paling

### 4.1 Sorteren

- Sorteren op maat, volwassenheid/geslachtsrijpheid, of controleren van gezondheid, methoden voor vis in het algemeen (meeste literatuur over zalm)

Afgezien van de hierna beschreven methoden voor sorteren van vis (meerval) op grootte met behulp van de grootte van mazen in netten of roosters, zijn er veel ontwikkelingen op het gebied van andere selectiesystemen voor bijvoorbeeld sorteren op grootte of gezondheidscontrole. In de toekomst zouden deze systemen ook gebruikt kunnen worden voor een indicatie over het vetgehalte, kleur of darminhoud. Het is de bedoeling selectiesystemen te ontwikkelen die zo min mogelijk verstoring, handling en uit het water halen van de vis met zich meebrengen. Dit kan namelijk stress veroorzaken en fysieke schade. Dit kan de vis meer gevoelig voor ziekte en infecties (Davis et al., 2002) maken en ook in een verminderde groei resulteren als gevolg van verminderde eetlust (Pickering, 1993). Voor de kweker is het daarom geen aantrekkelijk systeem om te gebruiken. Daarbij komt nog dat het arbeidsintensief is. Meer perspectief wordt geboden door selectiesystemen die gebruik maken van verschillen in gedrag of sensorische vermogens van vissen. Dergelijke methoden zijn gebaseerd op veranderingen in de omgeving van vissen en die worden waargenomen met de sensorische vermogens van de vissen en een algemene dan wel selectieve respons kunnen opwekken. Zo kan de snelheid waarmee vissen op voedsel reageren een indicatie geven over de gezondheidsstatus en onder bepaalde omstandigheden correleert de zwemsnelheid met de afmetingen van de vis. Er is ook de mogelijkheid alleen een stimulus toe te dienen aan bepaalde doeldieren binnen een groep.

Bijvoorbeeld door een lichtsignaal waarop alle vissen zijn geconditioneerd alleen over te brengen op een individuele vis door een lichtbundel daarop te richten. De toepassingsmogelijkheden voor sorteersystemen van verschillende sensorische vermogens van vissen zijn onderzocht. Ten eerste van het gezichtsvermogen. Door Lines en Frost (1997) werd een techniek ontwikkeld om vissen selectief weg te trekken van andere vissen. De techniek is gebaseerd op de ontwikkeling van een geconditioneerde respons in de totale populatie waarbij een lichtstimulus is geassocieerd met het aanbieden van voedsel. De doelvis wordt selectief blootgesteld aan de stimulus en zo aangetrokken tot de lichtbron terwijl de andere vissen ongestoord achterblijven. Chemische stimuli zijn ook onderzocht op hun toepassingsmogelijkheden voor selectie (Naess et al., 1991). Hierdoor wordt met name gedrag gestimuleerd dat is gerelateerd aan voortplanting en sociaal gedrag. Voor effectief gebruik van chemische stimuli kan gedacht worden aan het scheiden van vissen in een bepaalde fysiologische staat of fase van geslachtsrijpheid. Geluid, trilling of stroming kunnen eveneens worden toegepast bij het selecteren van vissen (Knudsen et al., 1994; Levin and Levin, 1994). Met name sommige meervallen hebben een goed ontwikkeld gehoor (Hawkins, 1993). Tenslotte zijn elektrische velden gebruikt om bijvoorbeeld een niet-tastbare omheining of barrière te vormen voor vissen (Balchen, 1984). De onderliggende mechanismen die een rol spelen bij selectieve controle op basis van sensorische vermogens van vissen en een uitgebreidere analyse van de voor- en nadelen van de verschillende stimuli worden behandeld in Lines en Frost (1999).

Ook in de intensieve palingteelt wordt regelmatig gesorteerd op grootte. Tenminste elke 2 maanden bij de grotere dieren. De dieren worden meestal machinaal gesorteerd, waarbij ze middels een pomp samen met het water waarin ze zich bevinden over sorteerroosters worden geleid. Uit een studie van Kamstra (1993) bleek dat het sorteren geen effect had op de totale biomassa, noch op de verdeling van de gewichten van de dieren en de groeisnelheden van individuele dieren. Uit verschillende studies onder laboratoriumcondities blijkt dat binnen groepen paling agressie en de ontwikkeling van hiërarchie een veel voorkomend fenomeen is (Peters et al., 1980; Wickins, 1987; Knights, 1987). Ook in praktijksituaties blijkt dat hogere kweekdichtheden een duidelijk effect hebben op het agonistische gedrag van alen en daarmee gepaard gaande verschillen in groeisnelheid (Knights, 1985).

## 4.2. Onthouden van voer voor slachten

- Algemeen

Voor vissen in de natuur is het normaal dat er perioden van voedsel-schaarste of -onthouding zijn. Vissen kunnen over het algemeen lange perioden zonder voedsel overleven en voor migrerende soorten, zoals bijvoorbeeld zalmen, maakt een periode van vasten zelfs onderdeel uit van hun natuurlijke levenscyclus. Naast deze natuurlijke periodes van voedselonthouding is het ook algemeen gebruik in fysiologische studies om dieren voer te onthouden voor een experiment. In het bijzonder bij studies naar het metabolisme bij zwemmen worden vissen gedurende 3 tot 10 dagen voorafgaand aan een experiment nuchter gezet (Tang and Boutilier, 1991; Kieffer et al., 1994; Kieffer and Tufts, 1998). Aangetoond is dat het onthouden van voedsel voor een langere of kortere periode een aantal fysiologische (energievoorraad) en biochemische (enzym niveaus) effecten heeft in vissen (Sheridan and Mommsen, 1991; Vijayan and Moon, 1992; Navarro and Gutierrez, 1995). Voor wat betreft de energievoorraad in de spieren is het meeste onderzoek gericht op de effecten van vasten op het glycogeen niveau. In verschillende vissoorten is uitputting van de glycogeenvoorraad waargenomen na een periode van vasten (forel: Scarabello et al., 1991; Kieffer and Tufts, 1998; zalm: Brobbel et al., 1996; baars: Foster and Moon, 1991; Mehner and Wieser, 1994; voorn: Mendez and Wieser, 1993). Hierbij moet worden opgemerkt dat endogene en exogene factoren een rol spelen bij de mate en snelheid waarin effecten van het vasten optreden. In een review van Navarro and Gutierrez (1995) wordt beschreven dat factoren als temperatuur, lichtperiode, leeftijd en afmeting van vissen en reproductieve fase hierbij een belangrijke invloed hebben. Voor forellen (*Salmo trutta*) werd bijvoorbeeld een significante daling van de concentratie glycogeen gemeten na 8 dagen

vasten in de zomer, terwijl dit in de winter pas na 30 dagen vasten werd gevonden (Navarro et al., 1992).

In baars is aangetoond dat na een stressvolle gebeurtenis (bijvoorbeeld 5 minuten gevangen in een net) het glycogeengehalte van gevoerde vissen sneller weer terug is op controle niveau dan dat van vissen die 3 dagen geen voer hebben gehad (Reubush and Heath, 1996).

In de literatuur worden voornamelijk de effecten van voeronthouding op (spier)fysiologische aspecten beschreven en in dat kader ook het effect van voeronthouding op het herstel op spierfysiologisch gebied na een periode van stress. In het verlengde van de spierfysiologische gevolgen van voeronthouding worden de positieve effecten voor vleeskwaliteit, in termen van structuur, kleur en versheid, beschreven (zalm: Einen and Thomassen, 1998; brasem: Gines et al., 2002). De gevolgen van de voeronthouding voor het welzijn van het dier worden voor zover bekend niet beschreven.

### 4.3 Transport

Tot fysiologische stress responsen behoren veranderingen in plasma hormonen, het energie metabolisme en de elektrolyten balans (Barton and Iwama, 1991). Veel vissoorten reageren op transport stress met een verhoging van catecholamines en corticosteroiden (Barton and Iwama, 1991; Pickering and Pottinger, 1995). Deze primaire effecten zijn aanleiding voor secundaire responsen welke zijn gerelateerd aan de energiebehoefte, waaronder een toename van het glucose gehalte in het bloed (Carmichael et al., 1984; Barton and Iwama, 1991) en een veranderende elektrolyten homeostase in bloed en weefsels (Tomasso et al., 1980; Carmichael et al., 1984; McDonald and Milligan, 1997).

Tijdens het transport van vis is het van belang dat de kwaliteit en temperatuur van het water aan de eisen blijven voldoen. Hiervoor kunnen transportmiddelen worden uitgerust met koelers, zuurstofvoorzieningen, circulatiepompen, anti-schuim middelen etc.

Het transporteren van vis is veelal een proces dat uit meerdere fases bestaat en er op is gericht de stress te minimaliseren. Voordat het eigenlijke transport begint is vaak een fase ingebouwd om vissen van de stress van het voorafgaande handelen bij te laten komen (Conte, 2004).

Vissen vertonen een grote variatie in fysiologische respons op stress (Barton, 2000). De genetische geschiedenis blijkt voor een groot deel verantwoordelijk voor de variatie tussen species (Barton, 2002).

Verhogingen in plasma cortisol, een veel gebruikte indicator voor de mate van stress, kunnen zeer uiteenlopen voor verschillende vissoorten bij identieke stressoren. Daarbij komt dat soorten die als meest gestrest worden aangemerkt na handling en transport op basis van de cortisol verhoging dat niet altijd zijn op basis van een andere stress indicator, glucose. Dit pleit voor het gebruik van meerdere indicatoren bij het vaststellen van de mate van stress die optreedt als gevolg van handling en transport en het niet direct vergelijken met andere vissoorten (Barton, 2000).

Niet alleen na de eerste fase van handeling, maar ook na het gehele transportproces kan het goed zijn de vissen bij te laten komen van de ondervonden stress. Niet alleen vanwege de tijdelijke achteruitgang in gewicht, maar ook om te herstellen van de primaire fysiologische reactie op vangen, handelen en transporteren. Dat kan zo'n 6 uur tot 1 etmaal duren. Bij aanhoudende aanwezigheid van stressfactoren die niet de dood tot gevolg hebben kan de herstelperiode zelfs tot 2 weken oplopen (Schreck et al., 1997).

Het transport van vissen kan dus niet alleen resulteren in een behoorlijke mate van stress, maar ook energetisch zijn tol eisen (review Chandroo et al. in voorbereiding). Het anaestheren van vis vóór transport kan de snelheid van het metabolisme verminderen en daarmee het zuurstof verbruik, activiteit verminderen en het gemak om het dier te handelen vergroten (Carmichael et

al., 1984). Het ideale niveau van sedatie van vissen voor transport is een diepe sedatie waarbij niet meer op externe stimuli wordt gereageerd, verminderde snelheid metabolisme, maar behoud van evenwicht. Als dat laatste wordt verloren zakken de vissen naar de bodem en treedt er verstikking of mechanische beschadiging op. Voor verschillende vissoorten (forel, baars, zalm, paling, meerval [*Ictalurus punctatus*]) wordt naar optimale verdovingsmiddel en – diepte gezocht (Woody et al., 2002; Walsh and Pease, 2002; Wagner et al., 2002; Wagner et al., 2003; Small, 2003; Cooke et al., 2004). Veel aandacht gaat hierbij uit naar 'clove oil'. Afgezien van de toepassing bij transport van de vissen kan de anesthesie effectief zijn bij sorteren, merken, inspectie etc.

Er is vrijwel geen informatie specifiek over transport van paling (*Anguilla anguilla*).

## 5. Conclusies

Wat opvalt, is dat er grote verschillen bestaan tussen de omstandigheden waarin de aal zich in de natuur ophoudt en de omstandigheden in de kweeksystemen. In de natuur bevinden alen zich in een gevarieerde omgeving, met duidelijke schuilmogelijkheden waarin ze de dagen doorbrengen. Alen zijn voor langere tijd standvast, en de aanwezigheid van de schuilplaatsen bepaalt de dichtheid van de alen. Bij hoge dichtheden hebben ze een uitgesproken voorkeur om tussen stenen te schuilen. Vanuit deze schuilplaatsen foerageren ze zodra het donker wordt, waarbij ze doorgaans maar een beperkte omgeving rond de schuilplaatsen afzoeken naar voedsel. Normaal foerageergedrag wordt alleen waargenomen als het echt donker is, waarbij ze de bodem afzoeken naar voedsel. Daarbij blijken ze een voorkeur voor een bepaald soort voedsel te hebben waarin ze zich specialiseren en niet zo snel omschakelen naar een ander type voer.

Kweeksystemen bestaan uit monotone bakken, vaak met een betonnen bodem zonder schuilmogelijkheden, waarin de alen in grote dichtheden worden gehouden. Overdag is het in veel gevallen schemerig en 's nachts bijna donker. Het voer valt aan de oppervlakte in het water en de alen eten het voer ook vanaf de oppervlakte, in aanwezigheid van veel andere dieren. De alen worden regelmatig op grootte gesorteerd waarna ze in nieuwe groepen worden ingedeeld en naar nieuwe bakken verhuizen.

Het is voor de alen niet mogelijk om onder kweekomstandigheden hetzelfde gedrag te vertonen dan ze onder natuurlijke omstandigheden doen. Of dit een nadelige invloed op de dieren heeft, en nadelig is voor het welzijn van de alen is niet bekend. Van andere diersoorten is wel bekend dat het niet kunnen uiten van "essentieel" gedrag tot stress leidt, wat nadelig is voor het welzijn van die dieren en wat ook effecten kan hebben op de productie van de dieren.

De vraag is welke aspecten van het gedrag van alen essentieel zijn voor goed welzijn van de dieren. Resulteert het niet kunnen uitvoeren van een bepaald gedrag, of het moeten aannemen van ander gedrag, in een aantasting van het welzijn van de alen? Van nature foerageren alen solitair op de bodem terwijl ze in kweeksystemen gezamenlijk met veel soortgenoten aan de oppervlakte voer moeten zien te bemachtigen. In de natuur foerageren alen alleen als het werkelijk donker is, terwijl dat in kweeksystemen niet het geval is. Daarnaast kunnen vragen gesteld worden over het ontbreken van schuilmogelijkheden, het effect van hoge dichtheden en het regelmatig sorteren en opnieuw indelen van de groepen alen. De vraag is of, en zo ja in hoeverre het afwijken van de natuurlijke situatie en het kunnen uitvoeren van natuurlijk gedrag schadelijk is voor het welzijn van de alen. Hierop is met de huidige kennis niet een goed gefundeerd antwoord te geven.

Tot op heden heeft het onderzoek zich vooral gericht op de productie kenmerken van de aalproductie. Er is echter nauwelijks gekeken naar het gedrag van individuele alen binnen een productiesysteem. Beter begrip van dit gedrag en effecten van management maatregelen op dit gedrag kan er wellicht leiden tot verbeterde kweekomstandigheden met betere overleving en productie.

## 6. Literatuur

- Baras, E; Jeandrain, D; Serouge, B; Philippart, J.C. 1998. Seasonal variations in time and space utilization by radio-tagged yellow eels *Anguilla anguilla* (L.) in a small stream. *Hydrobiologia*. Vol. 371-372, no. 1-3, pp. 187-198. 1998.
- Balchen, J.G. 1984 Recent progress in the control of fish. *Behav. Model. Identif.* 5 : 113-121.
- Bath, R.N., Eddy, F.B. 1980. Transport of nitrite across fish gills. *J. Exp. Zool.*, 24(1), 119-121.
- Balchen, J.G. 1984 Recent progress in the control of fish. *Behav. Model. Identif.* 5 : 113-121.
- Barton, B.A. and Iwama, G.K. 1991 Physiological changes in fish from stress in aquaculture with emphasis on the response and effects of corticosteroids. *Rev. Fish. Dis.* 1:3-26.
- Barton, B.A. 2000 Salmonid fishes differ in their cortisol and glucose responses to handling and transport stress. *N.Am. J. Aquaculture* 62: 12-18.
- Barton, B.A. 2002 Stress in fish: a diversity of responses with particular reference to changes in circulating corticosteroids. *Integ. Comp. Biol.* 42: 517-525.
- Bergerhouse, D. L. 1990. Lethal effects of elevated pH and ammonia on early life stages of several sportfish species. *Dissertation abstracts international part B: science and engineering.* 51 (6): 268.
- Braithwaite, V.A. and Huntingford, F.A. (2004): Fish and welfare: do fish have the capacity for pain perception and suffering? *Animal Welfare*, **13**, S87-92.
- Brambell, F.W.R., 1965. Report of the technical committee to enquire into the welfare of animals kept under intensive husbandry systems. *Command Report 2836*, Her Majesty's Stationary Office, London.
- Brobbel, M., Wilkie, M.P., Davidson, K., Kieffer, J.D., Bielak, A.T. and Tufts, B.L. 1996 Physiological effects of catch and release angling in Atlantic salmon (*Salmo salar*) at different stages of freshwater acclimation. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 53: 2036- 2043.
- Carmichael, G.J., Tomasso, J.R., Simco, B.A. and Davis, K.B. 1984 Characterization and alleviation of stress associated with hauling largemouth bass. *Trans. Am. Fish. Soc.* 113: 778-785.
- Chandoo, K.P., Duncan, I.J.H. and Moccia R.D. (2004): Can fish suffer?: perspectives on sentience, pain, fear and stress. *Applied Animal Behaviour Science*, 86, 225-250.
- Conte, F.S. 2004. Stress and the welfare of cultured fish. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 86: 205-223.
- Cooke, S.J., Suski, C.D., Ostrand, K.G., Tufts, B.L. and Wahl, D.H. 2004 Behavioral and physiological assessment of low concentrations of clove oil anaesthetic for handling and transporting largemouth bass (*Micropterus salmoides*). *Aquaculture* 239: 509-529.
- Cruz-Neto, A.P. en J.F. Steffensen, 1997. The effects of acute hypoxia and hypercapnia on oxygen consumption of the freshwater European eel. *Journal of Fish Biology.* 50, 759-769.



- Davis, K.B., Griffin, B.R., Gray, W.L. 2002. Effect of handling stress on susceptibility of channel catfish *Ictalurus punctatus* to Ichthyophthirius multifiliis and channel catfish virus infection. *Aquaculture* 214: 55-66.
- Degani, G. en Ievanov, D. 1983. The influence of low density on food adaptation, cannibalism and growth of eels (*Anguilla anguilla* (L.)). *Bamigedh.*, vol. 35, no. 2, pp. 53-60, 1983
- Desmares, S. 1993. "Description of mass balances in intensive farming systems of African catfish (*Clarias gariepinus*)," M.Sc, Wageningen Agricultural University, Wageningen.
- Diana, J.S., Fast, A.W. 1989. The effects of water exchange rate and density on yield of the walking catfish, *Clarias fuscus*. *Aquaculture*, vol. 78, no. 3-4, pp. 267-276, 1989
- Dijk van, P. L. M., en Thillart van den, G. E. E. J. M. 1993. The influence of gradual water acidification on the acid/base status and plasma hormone levels in carps. *Journal of fish biology*. 42 661-671.
- Dou en Tsukamoto, 2003 Observations on the nocturnal activity and feeding behaviour of *Anguilla japonica* glass eels under laboratory conditions. *Environmental biology of fishes* [Environ. Biol. Fish.]. Vol. 67, no. 4, pp. 389-395. 2003.
- Duncan, I.J.H. and Fraser, D. (1997): Understanding animal welfare. In: *Animal welfare* (eds. M.C. Appelby and B.O. Hughes). CAB International, Wallingford, Oxon, pp. 19-47.
- Eding, E.H., Schneider, O., Ouwerkerk, E.N.J., Klapwijk, A., Verreth, J.A.J., Aarnink, A.J.A. 2002. The effect of fish biomass and denitrification on the energy balance in African catfish farms. *Proceedings of the 3rd. International Conference on Recirculating Aquaculture*.
- Einen, O. and Thomassen, M.S. 1998 Starvation prior to slaughter in Atlantic Salmon (*Salmo salar*). II. White muscle composition and evaluation of freshness, texture and colour characteristics in raw and cooked fillets. *Aquaculture* 169: 37-53.
- FAWC (1996): Report on the welfare of farmed fish, MAFF, PB 2765, UK.
- Fisher, P., en Eckman, R. 1997. Spatial distribution of littoral fish species in a large European lake, Lake Constance, Germany. *Archiv fuer Hydrobiologie* [Arch. Hydrobiol.]. Vol. 140, no. 1, pp. 91-116. 1997.
- Foster, G.D. and Moon, T.W. 1991 Hypometabolism with fasting in the yellow perch (*Perca fluviescens*): a study of enzymes, hepatocyte metabolism, and tissue size. *Physiol. Zool.* 64: 259-275.
- Fraser, D., Weary, D.M., Pajor, E.A. and Miligan, B.N. (1997): A scientific conception of animal welfare that reflects ethical concerns. *Animal Welfare*, **6**, 174-186.
- FSBI, 2002. Fish Welfare. Briefing Paper 2. Fisheries Society of the British Isles, Granta Information Systems, 82A High Street, Sawston, Cambridge CB2 4H, 25 pp.
- Gill, T.S., Leitner G., Porta, S. en Epple, A. 1993. Response of plasma cortisol to environmental cadmium in the eel, *Anguilla rostrata* Lesueur. *Comparative Biochemistry and Physiology*. Vol 104c, no. 3, pp. 489-495.
- Ginés, R., Palicio, M., Zamorano, M.J., Argüello, A., Lopez, J.L. and Afonso, J.M. 2002 Starvation before slaughter as a tool to keep freshness attributes in gilthead sea bream (*Sparus aurata*). *Aquaculture Int.* 10: 379-389.

Ginneken van, V. J. T., en Eersel van, R. 1997. Tilapia are able to withstand longterm exposure to low environment pH, judged by their energy status, ionic balance and plasma cortisol. *Journal of fish biology*. 51 795-806.

Gunnes, K. 1976. Effect of size grading young Atlantic salmon (*Salmo salar*) on subsequent growth. *Aquaculture* 9 (1976), pp. 381-386.

Hawkins, A.D. 1993 Underwater sound and fish behaviour. *Behaviour Teleost Fishes*: 129-117.

Heinsbroek, L.T.N., Kamstra, 1990. A Design and performance of water recirculation systems for eel culture. *Aquacultural engineering*. vol. 9, no. 3, pp. 187-207.

Heinsbroek, L.T.N., Kreuger, J.G. 1992. Feeding and growth of glass eels, *Anguilla anguilla* L.: The effect of feeding stimulants on feed intake, energy metabolism and growth. *Aquacult. Fish. Manage.* vol. 23, no. 3, pp. 327-336, 1992

Jobling and Reinsnes, 1987. M. Jobling and T.G. Reinsnes, Effect of sorting on size-frequency distributions and growth of Arctic charr, *Salvelinus alpinus* (L.). *Aquaculture* 60 (1987), pp. 27-31.

Jobling, M. 1983. Effect of feeding frequency on food intake and growth of Arctic charr, *Salvelinus alpinus* L. *Journal of Fish Biology*. vol. 23, no. 2, pp. 177-185.

Juell, J-E; Westerberg, H. 1993. An ultrasonic telemetric system for automatic positioning of individual fish used to track Atlantic salmon (*Salmon salar* L.) in a sea cage. *Aquacultural engineering*. *Barking*, vol. 12, no. 1, pp. 1-18, 1993

Kamstra, A. 1993. The effect of size grading on individual growth in eel, *Anguilla anguilla*, measured by individual marking. *Aquaculture*, vol. 112, no. 1, pp. 67-77, 1993

Kamstra, A. 1993. The effect of size grading on individual growth in eel, *Anguilla anguilla*, measured by individual marking. *Aquaculture*, vol. 112, no. 1, pp. 67-77, 1993

Kamstra, A., Davidse, W.P. 1991. Een evaluatie van biologische, technische en economische aspecten van aalteeft in recirculatiesystemen. *Rivo*. 62 p.

Kamstra, A., Van Weerd, J.H., Vreden, A., Roding, G. 1997. The effect of water supplementation on feed intake and feed utilization in European eel (*Anguilla anguilla*). *Cost 827 Workshop*, Aberdeen (UK) 3-6 April 1997. Houlihan, D. Kiessling, A. Boujard, T (eds) *Voluntary food intake in fish*.

Kamstra, A.; van der Heul, J.W. 1993. Start-feeding of glass eel (*Anguilla anguilla*): The application of laboratory results on commercial scale. *World Aquaculture '93 Int. Conf.*, Torremolinos (Spain), 26-28 May 1993. Carrillo, M; Dahle, L; Morales, J; Sorgeloos, P; Svennevig, N; Wyban, J (eds) *From discovery to commercialization*, European aquaculture, Oostende (Belgium), 1993, p. 234.

Kieffer, J.D., Currie, S. and Tufts, B.L. 1994 Effects of environmental temperature on the metabolic and acid-base responses of rainbow trout to exhaustive exercise. *J.Exp. Biol.* 194: 299-317.

Kieffer, J.D. and Tufts, B.L. 1998 Effects of food deprivation on white muscle energy reserves in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*): the relationships with body size and temperature. *Fish Physiol. Biochem.* 19: 239-245.

Klapwijk, B., Brouwer, H., Vrolijk, E. 1996. Alternating nitrification with denitrification for the control of nitrogen elimination in activated sludge systems. *H2O*. Vol. 29, no. 20, pp. 599-601.

- Knights, B., 1983. Food particle-size preferences and feeding behaviour in warmwater aquaculture of European eel, *Anguilla anguilla* (L.). *Aquaculture*, 30: 173-190.
- Knights, B. 1985. Feeding behaviour and fish culture. In: nutrition of fish. Cowey, C.B., Mackie, A.M. en Bell, J.G. (eds). Academic Press. 489 p.
- Knights, B. 1987. Agonistic behaviour and growth in the European eel, *Anguilla anguilla* L., in relation to warm-water aquaculture. *Journal of Fish Biology*, vol. 31, no. 2, pp. 265-276, 1987
- Knudsen, F.R., Enger, P.S. and Sand, O. 1994 Avoidance responses to low-frequency sound in down-stream migrating atlantic salmon smolt, *Salmo salar*. *J. Fish. Biol.* 45: 227-233.
- Kushnirov, D; Degani, G. 1991. Growth performance of European eel (*Anguilla anguilla*) under controlled photocycle and shelter availability. *Aquacultural engineering*. vol. 10, no. 3, pp. 219-226, 1991
- Lepage, O., Oeverli Oe, Pertersson, E., Jaervi, T., en Winberg, S. 2000. Differential stress coping in wild and domesticated sea trout. *Brain, behaviour and Evolution*. 56 (5): 259-268.
- Lewis, W.M., Morris, D.P. 1986. Toxicity of nitrite to fish: A review. *Transactions of the American Fisheries Society*. vol. 115, no. 2, pp. 183-195.
- Lines, J.A. and Frost, A.R. Selective attraction of salmon. 1997 *Aquacult. Eng.* 16: 261-273.
- Lines, J.A. and Frost, R.A. 1999 Review of opportunities for low stress and selective control of fish. *Aquacultural Eng.* 20: 211-230.
- LNV. 2002. De waarde van vis. Achtergronddocument bij de beleidsbrief welzijn vis.
- McDonald, G. and Milligan, L. 1997 Ionic, osmotic and acid-base regulation in stress. *Fish stress and health in Aquacult.* pp 119-144.
- Mehner, T. and Wieser, W. 1994 Energetics and metabolite correlates of starvation in juvenile perch (*Perca fluviatilis*). *J. Fish Biol.* 45: 325-333.
- Mendez, G. and Wieser, W. 1993 Metabolic responses to food deprivation and refeeding in juveniles of *Rutilus rutilus*. *Environ. Biol. Fish.* 36: 73-81.
- Munro, A.D. and Dodd, J.M. (1983): Forebrain of fishes: neuroendocrine control mechanisms. In: *Progress in nonmammalian brain research*, vol. III (eds. G. Nisticó and L. Bolis), CRC Press, Florida, pp. 2-79.
- Navarro, I., Gutierrez, J. and Planas, J. 1992 Changes in plasma glucagons, insulin and tissue metabolites associated with prolonged fasting in brown trout (*Salmo trutta fario*) during two different seasons of the year. *Comp. Biochem. Physiol.* 102A: 401-407.
- Navarro, I. and Gutierrez, J. Fasting and starvation. 1995 *Biochemistry and Molecular Biology of fishes*, 4.
- Peters, G., Delventhal, H. and Klinger, H. 1980 Physiological and morphological effects of social stress in eel (*Anguilla anguilla* L.). *Arch. Fischereiwiss.*, 30: 157-180.
- Peters, G. 1982. The effect of stress on the stomach of the European eel, *Anguilla anguilla*. *Journal of Fish Biology*, vol. 21, no. 5, pp. 497-512.
- Pottinger, T.G. and Pickering, A.D. (1997): Genetic basis to the stress response: selective breeding for stress-tolerant fish. In: *Fish stress and health in aquaculture*, Society for

---

Experimental Biology, Seminar Series 62 (eds. G.K. Iwama, A.D. Pickering, J.P. Sumpter and C.B. Schreck), Cambridge University Press, Cambridge, UK, pp. 171-193

Rand, G.M., Petrocelli, S.R. 1985. Fundamentals of aquatic toxicology: methods and applications. Hemisphere Publishing Corp. Washington, (38853). 666 pp.

Randolph, K.N.; Clemens, H.P. 1976. Some factors influencing the feeding behavior of channel catfish in culture ponds. Trans. Am. Fish. Soc., 105(6), 718-724

Rose, J.D. (2002): The neurobehavioural nature of fishes and the question of awareness and pain. Reviews in Fisheries Science, 10, 1-38.

Rueda, P.A. 2004. Towards assessment of welfare in African catfish, *clarias gariepinus*: the first step. Proefschrift Universiteit van Wageningen. 152 p.

Reubush, K.J. and Heath, A.G. 1996 Metabolic responses to acute handling stress by fingerling inland and anadromous striped bass. J. Fish. Biol. 49: 830-841.

Scarabello, M., Wood, C.M., Heigenhauser, G.J.F. 1991 Glycogen depletion in juvenile rainbow trout as an experimental test of the oxygen debt hypothesis. Can. J. Zool. 69: 2562-2568.

Schram, E. 1996. "Denitrificatie en bezinking in een opstroomreactor toegepast in een intensief visteeltrecirculatiesysteem," Landbouwniversiteit Wageningen, Wageningen.

Schreck, C.B., Olla, B.L. and Davis, M.W. 1997 Fish stress and health in aquaculture-Behavior responses to stress-. Soc. exp. Biol. Semin. 62: 145-170.

Sheridan, M.A. and Mommsen, T.P. 1991 Effects of nutritional state on in vivo lipid and carbohydrate metabolism of coho salmon, *Oncorhynchus kisutch*. Gen. Comp. Endocrinol. 81: 473-483.

Small, B.C. 2003 Anesthetic efficacy of metomidate and comparison of plasma cortisol responses to tricaine methanesulfonate, quinaldine and clove oil anesthetized channel catfish *Ictalurus punctatus*. Aquaculture 218: 177-185.

Stokopf, M. K. 1994. Pain and Analgesia in Birds, Reptiles, Amphibians and Fish. Invest Ophthalmol Vis Sci., 35: 775 – 780.

Tang, Y. and Boutilier, R.G. White 1991 muscle intracellular acid-base and lactate status following exhaustive exercise: a comparison between freshwater and seawater adapted rainbow trout. J. Exp. Biol. 156: 153-171.

Tomasso, J.R., Davis, K.B. and Parker, N.C. 1980 Plasma corticosteroid and electrolyte dynamics of hybrid striped bass (white bass x striped bass) during netting and hauling. World Maric. Soc. 11: 303-310.

Van Rijn, J. 1995. The potential for integrated biological treatment systems in recirculating fish culture, a review. Aquaculture. 139 181-201.

Verreth, J. A. J., en Eding, E. H. 1993. European farming industry of african catfish (*Clarias gariepinus*): facts and figures. Aquaculture Europe. 18 (2): 6-13.

Vijayan, M.M. and Moon, T.W. 1992 Acute handling stress alters hepatic glycogen metabolism in food-deprived rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Can. J. Fish. Aquat. Sci. 49: 2260-2266.

- Wagner, E., Arndt, R. and Hilton, B. 2002 Physiological stress responses, egg survival and sperm motility for rainbow trout broodstock anesthetized with clove oil, tricaine methanesulfonate or carbon dioxide. *Aquaculture* 211: 353-366.
- Wagner, G.N., Singer, T.D. and McKinley, R.S. 2003 The ability of clove oil and MS-222 to minimise handling stress in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum). *Aquac. Res.* 34: 1139-1146.
- Wallace and Kolbeinshavn, Wallace J.C., Kolbeinshavn A.G., 1988. The effect of size grading on subsequent growth in fingerling Arctic charr, *Salvelinus alpinus* (L.). *Aquaculture* 73 (1988), pp. 97-100.
- Walsh, C.T. and Pease, B.C. 2002 The use of clove oil as an anaesthetic for the longfinned river eel *Anguilla reinhardtii* (Steindachner). *Aquac. res.* 33: 627-635.
- Wedemeyer, G.A. 1997 Effects of rearing conditions on the health and physiological quality of fish in intensive culture. *Fish stress and health in aquaculture.* pp. 35-71. no. 62.
- Wendelaar Bonga, S.E. 1997. The stress response in fish. *Physiological Reviews* Vol. 77, no. 3, pp. 591-625.
- Wickins, J. 1983. Speed-up for slow eels. *Fish farmer.*, vol. 6, no. 2, pp. 24-25.
- Wickins, J.F. 1983. Studies on marine biological filters. Model filters. *Water Research [WATER RES.]*, vol. 17, no. 12, pp. 1769-1780
- Wickins, J.F. 1987. Effects of size, culling and social history on growth of cultured elvers, *Anguilla anguilla* (L.). *Journal of Fish Biology.* vol. 31, no. 1, pp. 71-82
- Wickins, J.F. 1985. Growth variability in individually confined elvers, *Anguilla anguilla* L. *J. Fish Biol.* 27 (1985), pp. 469-478.
- Willemse, J.J., Markus, L., Ketting, G.H. 1984. Morphological effects of stress in cultured elvers, *Anguilla anguilla* (L.). *Aquaculture*, 1984 (36) 193-201.
- Woody, C.A., Nelson, J. and Ramstad, K. 2002 Clove oil as an anaesthetic for adult sockeye salmon: field trials. *J. Fish. Biol.* 60: 340-347.

# Bijlage 1

## **Waterkwaliteit**

Vissen zijn, via de huid, maar vooral via het oppervlak van de kieuwen, in direct contact met hun omgeving het water. Water kwaliteit is daarom cruciaal voor het welzijn van vissen.

In intensieve kweeksystemen zijn vissen voor de aanvoer van zuurstof en de afvoer van afvalstoffen afhankelijk van de doorstroming. Het uitstromende water voert afvalstoffen af en het inkomende water voert zuurstof aan. Wanneer de doorstroming onvoldoende is, accumuleren afvalstoffen in de directe omgeving van de vis waardoor de vis haar eigen omgeving vervuult. Tevens ontstaat er dan een tekort aan zuurstof.

Effecten van waterkwaliteit op vis worden in sterke mate bepaald door de interactie tussen verschillende waterkwaliteitsparameters. Zo is bijvoorbeeld de giftigheid van ammonia sterk afhankelijk van de pH en de temperatuur van het water. De concentraties van stoffen in het viskweekwater zijn aan elkaar gekoppeld omdat ze door dezelfde watertoevoer worden gestuurd. Een verlaging van de doorstroming doet de zuurstofconcentratie dalen en de kooldioxide- en ammoniacconcentratie stijgen. De meeste waterkwaliteitsparameters vertonen een dagelijkse variatie die verband houdt met het tijdstip van voeding.

## **Temperatuur**

Omdat vissen koudbloedig zijn bepaalt de temperatuur de fysiologische processen in vis. Iedere soort heeft zodoende een eigen optimum waarbij de fysiologische processen optimaal verlopen. Voor de verschillende levensprocessen hoeft dit optimum binnen een soort niet gelijk te zijn. Zo kan de optimale temperatuur verschillen voor maximale groei en voor bepaalde stadia in de voorplanting. Iedere soort kent bandbreedte voor de temperatuur waarbinnen ze goed kan functioneren.

Een visteler streeft over het algemeen naar een temperatuur waarbij de vis maximaal groeit. Alen overleven in de natuur bij temperaturen van dicht bij het vriespunt tot maximaal 30 °C. Maximale groei voor aal wordt bereikt bij temperaturen tussen 23 en 25 °C. Naarmate de vis groter wordt neemt de temperatuur voor maximale groei af.

Snelle temperatuur wisselingen zorgen voor een stressreactie. Een snelle temperatuur daling zorgt voor vermindering van voeropname (Knights, 1985)

## **Zuurstof**

Voor de ademhaling zijn alen voor het grootste deel aangewezen op het zuurstofgehalte in het water. Een palingkweker probeert een minimum van 6 mg/l in het uitgaande water aan te houden. Vaak voegt hij daarom pure zuurstof aan het water toe om de gewenste concentraties te handhaven. Bij zuurstofgehalten onder 4 mg/l daalt de voeropname van alen, sterfte als gevolg van zuurstofgebrek treedt in kwekerijen op bij zuurstofconcentraties tussen 1 en 2 mg/l.

## **Kooldioxide**

Voor iedere gram zuurstof wordt ca. 1,3 g CO<sub>2</sub> aan het water afgegeven (Bovendeur et al., 1987). Verwijdering van CO<sub>2</sub> vindt plaats door ontgassing in het tricklingfilter. Wanneer ontgassing onvoldoende plaatsvindt, accumuleert het CO<sub>2</sub> in het viskweekwater. CO<sub>2</sub> reageert met water waarbij HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> en CO<sub>3</sub><sup>2-</sup> gevormd wordt. Het evenwicht dat ontstaat tussen CO<sub>2</sub>, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> en CO<sub>3</sub><sup>2-</sup> wordt beïnvloed door de pH. De mate waarin CO<sub>2</sub> in het viskweekwater voorkomt is daardoor afhankelijk van de pH.

Er is weinig bekend over de effecten van chronische blootstelling aan CO<sub>2</sub> bij vis in het algemeen. Van forel is bekend dat een chronische blootstelling tot 25 mg/l geen effecten heeft op de groei (Smart en Knox, 1979). Alen kunnen concentraties CO<sub>2</sub> van 60 – 100 mg/l zonder

problemen overleven. Alen hebben een mechanisme voor het reguleren en compenseren van lage concentraties zuurstof, maar niet voor hoge concentraties kooldioxide (Cruz-Neto en Steffensen, 1997).

### **Ammonia**

Ammonia is het eindproduct van het eiwitmetabolisme van vissen en moet worden uitgescheiden omdat het giftig kan worden wanneer het in het lichaam accumuleert. Uitscheiding van ammonia vindt normaalgesproken passief plaats via de kieuwen, maar ammonia kan ook actief uitgescheiden worden via de kieuwen. Bij actieve uitscheiding wordt ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ) uitgewisseld met natrium. Passieve uitscheiding vindt plaats door diffusie van ongeïoniseerde ammonia ( $\text{NH}_3$ ) op basis van de concentratiegradiënt die bestaat tussen ammonia in het bloed van de vis en in het omringende water. Wanneer de ammoniacconcentratie in het omringende water echter hoger is dan de concentratie in het bloed diffundeert ammonia van het water naar het bloed, waardoor ammonia in het bloed accumuleert. Het blootstellen van vissen aan subletale ammoniacconcentraties veroorzaakt fysiologische, biochemische, histologische en gedragsveranderingen, die eerder de groei en het immuunsysteem onderdrukken dan mortaliteit veroorzaken (Rand en Petrocelli, 1985). Bij concentraties van  $\text{NH}_3\text{-N}$  van 0.1 mg/l vermindert de groei van aal. Dit hoeft niet direct een gevolg te zijn van verminderde voeropname, maar wordt eerder veroorzaakt door de energie kosten die gepaard gaan met het actieve uitscheiden van ammonia (Knights, 1985).

In water komt ammonia in twee vormen voor, in geïoniseerde vorm (ammonium,  $\text{NH}_4^+$ ) en ongeïoniseerde vorm ( $\text{NH}_3$ ). De dissociatie van ammonia in water is afhankelijk van de pH en de temperatuur. Bij een hogere pH neemt het aandeel van het giftige  $\text{NH}_3\text{-N}$  toe ten koste van het minder giftige  $\text{NH}_4^+\text{-N}$ . De giftigheid van ammonium wordt voornamelijk bepaald door de ongeïoniseerde vorm ( $\text{NH}_3$ ) en is daarmee sterk pH afhankelijk. Voor alen worden de minimum normen van 6 mg/l voor  $\text{NH}_4\text{-N}$  en 0.05 mg/l voor  $\text{NH}_3\text{-N}$  aangehouden (Heinsbroek en Kamstra, 1990).

### **PH**

Het effect van de pH op het functioneren van vissen is voor vele soorten relatief goed onderzocht. In veel onderzoek zijn vissen acuut blootgesteld aan lage pH waarden, waarbij grote gevolgen voor de mineraalhuishouding in het dier meetbaar zijn. Wanneer de vis echter geleidelijk aan een pH verlaging wordt blootgesteld zijn effecten van de zuurgraad amper meetbaar (van Dijk en van den Thillart, 1993; van Ginneken en van Eersel, 1997). Voor channel catfish (*Ictalurus punctatus*) is uit onderzoek gebleken dat mortaliteit onder larven van 3 en 19 dagen oud optreedt bij een pH van respectievelijk 9,4-9,8 en 10,2-10,5 (Bergerhouse, 1990). In een recirculatiesysteem daalt de pH als gevolg van bicarbonaat verbruik door nitrificatie. De in de bezinkers optredende denitrificatie heeft echter een pH verhogend effect. Echter wanneer het systeemwater niet wordt gebufferd door verversingwater of het toevoegen van natriumbicarbonaat of natronloog, daalt de pH tot onder de 5. Op intensieve paling bedrijven varieert de pH van 6.5 tot 9 (Kamstra en Davidse, 1991).

### **Nitriet**

Het ammonium dat vissen produceren wordt in het biologisch filter van een recirculatie-systeem omgezet in het voor vissen relatief onschadelijke nitraat. Deze omzetting verloopt in twee stappen waarbij nitriet als tussenproduct gevormd wordt. In recirculatiesystemen kan nitriet daardoor in aanzienlijke concentraties voorkomen.

Nitriet is bijzonder giftig voor vissen. Zoetwatervissen nemen nitriet actief op het in het bloed via de chloridepomp in de kieuwen (Bath en Eddy, 1980). Een verhoogde nitrietconcentratie in het viskweekwater leidt daardoor tot een verhoogde nitrietconcentratie in het bloed. Vanuit het bloedplasma diffundeert nitriet in de rode bloedcellen. In de rode bloedcellen oxideert nitriet het bloedeiwit hemoglobine in methemoglobine. Dit is het toxische effect van nitriet. Hemoglobine heeft als functie het binden en transporteren van zuurstof, methemoglobine is hier niet toe in staat. De omzetting van hemoglobine in methemoglobine verlaagt daardoor de

transportcapaciteit voor zuurstof in het bloed, waardoor zuurstofgebrek kan optreden. Chloride in het water heeft een sterke beschermde werking tegen nitrietvergiftiging doordat het bij de actieve opname door chloridecellen nitriet beconcurrereert (Lewis en Morris, 1986). In aanwezigheid van chloride wordt daardoor minder nitriet opgenomen door de vis.

Op basis van onderzoeksresultaten kan een grenswaarde voor nitriet worden vastgesteld op 1,5 mg NO<sub>2</sub>-N/l in afwezigheid van chloride. Voor elke toename van de chlorideconcentratie van 10 mg/l kan de grenswaarde voor nitriet verhoogd worden met 0,15 mg/l.

In de praktijk komen echter hogere nitrietconcentraties voor, zonder dat dit een negatieve weerslag lijkt te hebben op de productie. Dit geeft aan dat de Afrikaanse meerval veel hogere nitrietconcentraties tolereert dan de hierboven gestelde grenswaarde van 1,5 mg NO<sub>2</sub>-N/l. Gewenning aan is een mogelijke verklaring. Hierover is echter niets bekend.

### **Nitraat**

Nitraat is het eindproduct van het nitrificatieproces en accumuleert in het recirculatiesysteem. Door verversing van het viskweekwater en/of door denitrificatie moet de accumulatie van nitraat binnen de perken gehouden worden. Er is over het algemeen weinig bekend van de toxiciteit van nitraat omdat het een specifiek probleem van visteelt in recirculatiesystemen betreft. Ontwerpers van recirculatiesystemen hanteren veelal een maximale nitraatconcentratie van 100 mg NO<sub>3</sub>-N/l (Verreth en Eding, 1993). In de praktijk lopen de nitraatconcentraties op tot 140 mg NO<sub>3</sub>-N/l (Desmares, 1993) zonder dat dit negatieve gevolgen lijkt te hebben voor de productie.

Kenmerkend voor recirculatiesystemen is het spontaan optreden van denitrificatie in de bezinkers onder anoxische omstandigheden. Denitrificatie is de biologische reductie van nitraat naar stikstofgas. De hoeveelheid nitraat die op deze wijze uit het systeem verwijderd wordt is niet bekend en is sterk afhankelijk van de frequentie waarmee de bezinkers afgelaten worden (Schram, 1996). Als gevolg van het spontaan optreden van denitrificatie kan de hoeveelheid verversingswater verder beperkt worden tot 50 à 100 l/kg voer.

Een zekere achtergrondconcentratie van nitraat in een recirculatiesysteem is van belang om in afwezigheid van zuurstof anoxische omstandigheden te handhaven en anaërobe omstandigheden te voorkomen. Viskweeksystemen zijn weliswaar in principe aëroob maar de meeste systemen herbergen toch zuurstofloze zones (Van Rijn, 1995). Onder anaërobe omstandigheden worden stoffen gevormd die een negatief effect op de vis kunnen hebben. Dit uit zich een verminderde voeropname. Te denken valt aan methaan en vluchtige vetzuren (Klapwijk, 1996).

Voor nitraat wordt een grenswaarde van 200 mg NO<sub>3</sub>-N/l aangehouden (Heinsbroek en Kamstra, 1990). Concentraties boven 800 mg/l hebben een merkbaar nadelige invloed op de voeropname. Zeer lage nitraatconcentraties zijn eveneens onwenselijk, maar zullen zich in de praktijk in een recirculatiesysteem nooit voordoen.