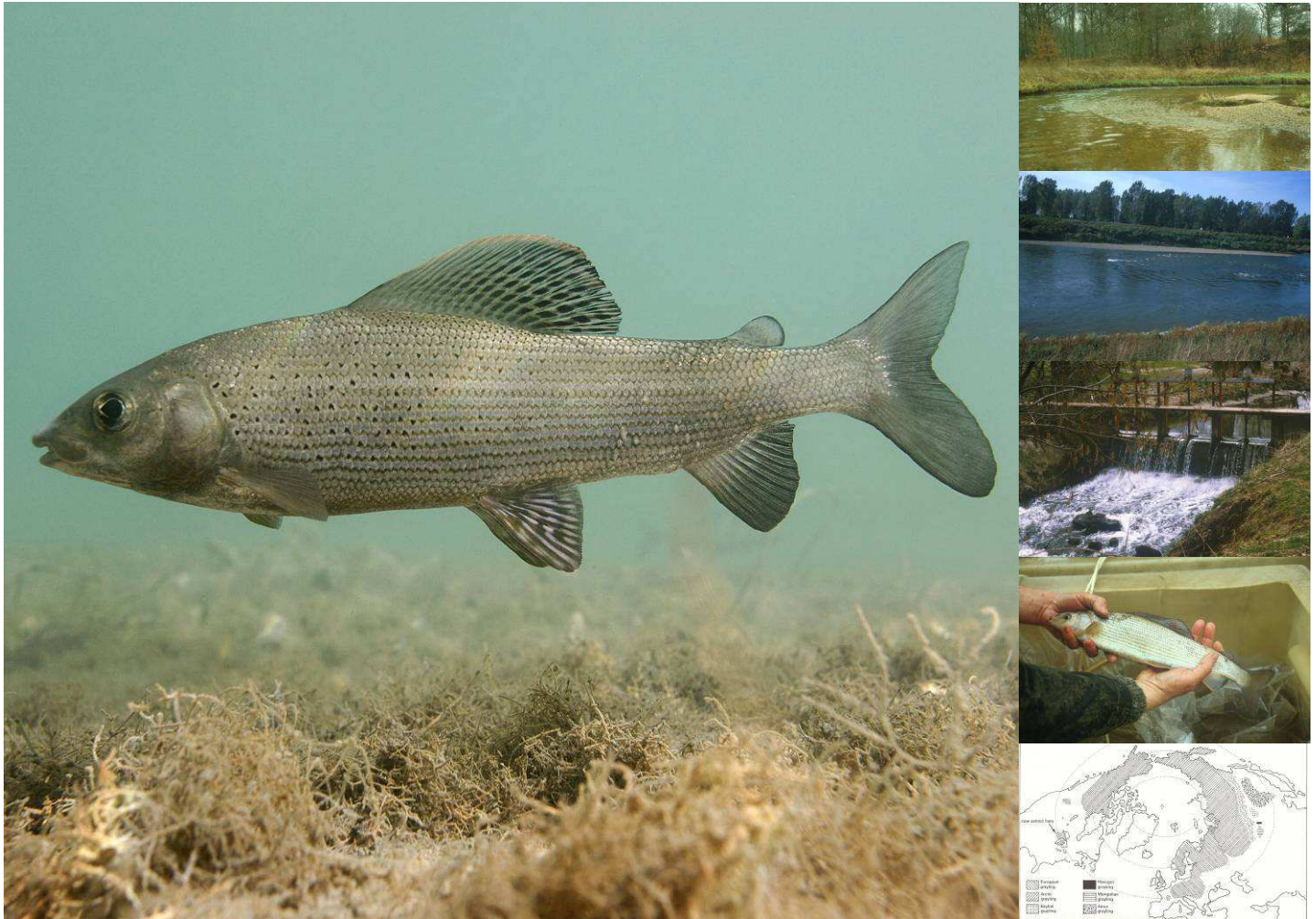


Kennisdocument vlagzalm

Thymallus thymallus (Linnaeus, 1758)



Foto's voorblad:
Grote foto: Michel Roggo
Overige foto's: Sportvisserij Nederland

**Kennisdocument vlagzalm,
Thymallus thymallus (Linnaeus, 1758)**

Kennisdocument 8

Sportvisserij Nederland

door

G.A.J. de Laak

januari 2008



Leijenseweg 115
Postbus 162
3720 AD Bilthoven
Telefoonnr.: 030-6058400
Faxnr.: 030-6039874

Statuspagina

Titel	Kennisdocument vlagzalm, <i>Thymallus thymallus</i> (Linnaeus, 1758)
Samenstelling	Sportvisserij Nederland Postbus 162 3720 AD BILTHOVEN
Telefoon	030-605 84 00
Telefax	030-603 98 74
E-mail	info@sportvisserij nederland.nl
Homepage	www.sportvisserij nederland.nl
Opdrachtgever	Sportvisserij Nederland
Auteur(s)	G.A.J. de Laak
Emailadres	laak@sportvisserij nederland.nl
Redactie en begeleiding	W.A.M. van Emmerik
Aantal pagina's	60
Trefwoorden	vlagzalm, biologie, habitat, ecologie
Projectnummer	Kennisdocument 8
Datum	januari 2008

Bibliografische referentie:

De Laak, G.A.J., 2007. Kennisdocument vlagzalm *Thymallus thymallus* (Linnaeus, 1758). Kennisdocument 8. Sportvisserij Nederland, Bilthoven.

© Sportvisserij Nederland, Bilthoven

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

Sportvisserij Nederland is niet aansprakelijk voor gevolgschade, alsmede schade welke voortvloeit uit toepassing van de resultaten van werkzaamheden of andere gegevens verkregen van Sportvisserij Nederland.

Samenvatting

In dit kennisdocument is een overzicht gegeven van de kennis van de vlagzalm, *Thymallus thymallus*. Deze kennis betreft informatie over de systematiek, herkenning en determinatie, geografische verspreiding, de leefwijze, het voedsel, de voortplanting en de verschillende ontwikkelingsstadia, migratie, specifieke habitat- en milieueisen, bedreigingen en beheer. Op Europees niveau nemen vlagzalmpopulaties af en is de soort bedreigd.

De Europese vlagzalm behoort tot orde van Salmoniformes (zalmachtigen). Het oorspronkelijke verspreidingsgebied van de Europese vlagzalm beslaat West-, Midden- en Noord Europa.

Thymallus thymallus is in principe een anadrome vissoort net als de andere familieleden van de salmoniden. In de meeste populaties echter, is dit trekgedrag niet zo uitgesproken dat men kan spreken van anadromie. Wel is het zo dat de vlagzalm tijdens de paai de rivier optrekt naar paaigebieden. De jongen leven de eerste jaren op de beek of rivier. De soort heeft een vrij korte levensduur, de leeftijd is maximaal 14 jaar. De vissen worden in tussen het 1^e tot 5^e jaar geslachtsrijp. De vissen zijn dan 20 tot 30 cm lang. De maximale lengte ligt rond de 60 cm. Vlagzalmen eten voornamelijk insecten of insectenlarven, slechts zelden vis.

De Europese vlagzalm is in de meeste Europese rivieren tussen de 18e en 20e eeuw achteruitgegaan of zelfs verdwenen. De belangrijkste oorzaken daarvoor zijn: de grote visserijdruk, het toenemende aantal migratiebarrières op de rivieren, vernietiging van paai- en opgroeihabitat en watervervuiling.

Voor herstel en behoud van de Europese vlagzalm is het o.a. belangrijk dat er voldoende paai- en opgroeihabitat aanwezig is, er geen migratiebelemmeringen zijn naar de paaigronden en omgekeerd en dat de waterkwaliteit voldoet.

Aanvullend onderzoek naar de migratiemogelijkheden, habitatonderzoek, genetisch onderzoek en koeltechnieken is nodig.

De Europese vlagzalm komt niet of nauwelijks voor in Nederland en herstel of herintroductie zal hoogstens lokaal geschieden. Hiervoor moet een programma op maat worden gemaakt. Gezien de mogelijke locaties voor herintroductie in Nederland ligt samenwerking met partners op nationaal en internationaal gebied voor de hand.

Inhoudsopgave

1	Inleiding.....	11
1.1	Aanleiding	11
1.2	Beleidsstatus	11
1.3	Afkadering	11
1.4	Werkwijze.....	12
2	Systematiek en uiterlijke kenmerken	13
2.1	Systematiek.....	13
2.2	Uiterlijke kenmerken.....	15
2.3	Herkenning en determinatie.....	16
3	Ecologische kennis.....	17
3.1	Leefwijze	17
3.2	Geografische verspreiding.....	17
3.3	Migratie.....	19
3.3.1	Migratie van en naar paaigebieden.....	19
3.3.2	Migratie buiten de paaitijd	20
3.4	Voortplanting	21
3.4.1	Paaigedrag en bevruchting.....	21
3.4.2	Paaiperiode	23
3.4.3	Paaihabitat	23
3.4.4	Sex-ratio bij de voortplanting	23
3.4.5	Gonaden en fecunditeit.....	23
3.5	Ontogenese	24
3.5.2	Ei-stadium	24
3.5.3	Embryonale en larvale stadium.....	25
3.5.4	Juvenile stadium	26
3.5.5	Adulte stadium	27
3.5.6	Levensduur en leeftijdsbepaling	29
3.6	Groei, lengte en gewicht.....	29
3.6.1	Lengtegroei.....	29
3.6.2	Lengte-gewicht relatie	31
3.7	Voedsel.....	32
3.8	Genetische aspecten	35
3.9	Populatiodynamica.....	36
3.10	Parasieten / ziekten	37
3.11	Bijzonderheden van de soort.....	37
3.12	Plaats in het ecosysteem	38
3.12.1	Predatoren	38
3.12.2	Competitie	38
4	Habitat- en milieu-eisen	39
4.1	Algemeen	39
4.2	Watertemperatuur	39
4.3	Zuurstofgehalte.....	40
4.4	Zuurgraad	40
4.5	Doorzicht en licht	40

4.6	Saliniteit.....	40
4.7	Stroomsnelheid / debiet / getijverschil	42
4.8	Waterdiepte.....	42
4.9	Bodemsubstraat	42
4.10	Vegetatie.....	43
4.11	Waterkwaliteit.....	43
4.12	Migratie	43
5	Visserij.....	45
6	Beheer	49
7	Kennisleemtes	51
	Verklarende woordenlijst.....	52
	Verwerkte literatuur	53

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

Dit kennisdocument maakt deel uit van een reeks die door Sportvisserij Nederland wordt opgesteld voor een groot aantal Nederlandse vissoorten (zie ook pagina 58). Deze kennisdocumenten moeten de beschikbare kennis van een vissoort beter toegankelijk maken. Door deze kennis te bundelen en beschikbaar te maken voor meer mensen kan dit document bijdragen aan een beter visstand- water- en natuurbeheer.

1.2 Beleidsstatus

De vlagzalm is een inheemse vissoort. De vissoort wordt genoemd in de Visserijwet in de Regeling aanwijzing vissen, schaal- en schelpdieren 1982 en in het Reglement minimummaten en gesloten tijden 1985. Voor de vlagzalm geldt een minimummaat van 35 cm en bestaat er voor deze vissoort een gesloten tijd van 1 april t/m 31 mei.

Volgens de Rode lijst (de Nie & van Ommering, 1998; 2004) is de vlagzalm in Nederland verdwenen, d.w.z. een soort die in het stroomgebied van Maas en Rijn zijn levenscyclus meer niet op eigen kracht kan voltooien.

Op Europees niveau wordt de vlagzalm genoemd in de Conventie van Bern en de Habitatrictlijn 92/43 (V / II).

De Beneluxbeschikking 96-5 (Beschikking inzake de vrije migratie van vissoorten in de hydrografische stroomgebieden van de Beneluxlanden (mei 1996)) geeft voorschriften over de vrije migratie van trekvis in het stroomgebied van de Maas. Op de IUCN (the World Conservation Union) lijst is *Thymallus thymallus* niet opgenomen. In veel landen van Europa heeft de vlagzalm een beschermde status.

1.3 Afkadering

In dit kennisdocument worden vooral de ecologische, morfologische en taxonomische aspecten van de vlagzalm behandeld. Anatomische en fysiologische informatie komt beperkt aan de orde.

Daarnaast wordt aandacht geschonken aan de (sport)visserij op vlagzalm (en consumptie), de achteruitgang en de bedreigingen van de soort en de mogelijkheden voor herstel.

De hoeveelheid beschikbare literatuur over de Europese vlagzalm is beperkt. Daarom is onder meer ook literatuur gebruikt over onderzoeken die de Arctische vlagzalm betreffen. Bedacht dient te worden dat de

beschikbare literatuur van bijvoorbeeld deze vlagzalm niet zonder meer toegepast mag worden op de Europese vlagzalm. In hoeverre resultaten van onderzoeken uit andere regio's van toepassing zijn in het Rijn- en Maassysteem is niet helemaal duidelijk.

1.4 Werkwijze

De onderstaande kennis is gebaseerd op literatuuronderzoek. De ASFA (Aquatic Sciences and Fisheries Abstracts) files zijn doorzocht met trefwoorden evenals de bibliotheek van Sportvisserij Nederland. Daarnaast is algemene literatuur en grijze literatuur (rapporten en verslagen) betrokken bij het onderzoek. Tevens is gebruik gemaakt van informatie op Internet.

2 Systematiek en uiterlijke kenmerken

2.1 Systematiek

De zalmachtigen waren voor het Pliocéen (5,2 miljoen jaar - 1,64 miljoen jaar geleden) al een aparte groep. Er zijn fossielen gevonden die duiden op een splitsing in meerdere genera in die tijd. Aangenomen wordt dat een fossiel genaamd *Eosalmo driftwoodensis*, die 35 miljoen jaren eerder leefde de voorvader van de zalmachtigen is geweest (Watson, 1999; Mills, 1989).

De zalmachtigen vallen onder de klasse van de Teleostei (recente echte kraakbeenvissen). De Teleostei vallen onder subklasse van de Actinopterigii, de straalvinnigen. De straalvinnigen is een van de groepen onder de Klasse van de Osteichthyes (de beenvissen in ruime zin) binnen de superklasse van de Gnathostomata (kaakbekkigen) (Berg, 1948).

In de orde van de zalmachtigen (Salmoniformes) onderscheiden zich ten minste 3 subordes: Salmonoidei, Galaxioidei en Retropina. In de suborde Salmonoidei komen de families Salmonidae, Osmeridae, Plecoglossidae en Salangidae voor. De familie Salmonidae kent ten minste 1 subfamilie: Salmoninae. De Familie van de zalmachtigen (Salmonidae) vormt samen met de families van de Coregonidae (houtingachtigen), Osmeridae (spieringachtigen), en Esocidae (snoekachtigen), Salvinidae (arctische forellen), Umbridae (Hondsvissen), en Thymallidae (vlagzalmen) de Orde van de Salmoniformes (zalmachtigen).

Over de taxonomische systematiek van de familie van de salmoniden bestaat nog steeds onduidelijkheid (Crisp, 1993). Maitland & Campbell (1992) beschouwen vlagzalmen en coregonen als aparte (sub)families. Wheeler (1992) beschouwt deze families als geslachten van de suborde Salmonoidei. Ook op Fishbase wordt gesproken van een subfamilie Thymallinae. De subfamilie Salmoninae kent ten minste de genera *Salmo*, *Oncorhynchus*, *Salvelinus*, *Hucho*, *Salmothymus* en *Brachymystax*.

Door onderzoek van onder andere Menzies (1931), Jones (1959) en Mills (1970) werd meer duidelijkheid geschapen in de naamgeving en de levenswijze van salmoniden (Mills, 1989). Deze auteurs hanteren een fylogenetische systematiek. Hierbij wordt niet uitgegaan van morfologische overeenkomsten tussen vissoorten, maar de mate van verwantschap. De mate van verwantschap wordt deels bepaald door de evolutieleer (survival of the fittest).

Ook voor de familie van vlagzalmen geldt dat er weer veel verwarring over de afstamming bestaat. Door Froese & Pauly, (2004) worden de volgende 9 officiële namen en 35 synoniemen genoemd (zie Tabel 2.1):

Tabel 2.1 Officiële en wetenschappelijke namen van het geslacht *Thymallus* (Bron: Froese en Pauley, 2004)

	Erkende naam	Engelse naam	Wetenschappelijke naam / synoniem	Auteur
1	<i>Salmothymus obtusirostris</i>	Adriatic trout	<i>Thymallus microlepis</i>	Steindachner, 1874
2	<i>Thymallus arcticus arcticus</i>	Arctic grayling	<i>Thymallus arcticus</i>	Pallas, 1776
			<i>Thymallus arcticus arcticus</i>	Pallas, 1776
			<i>Thymallus arcticus brevipinnis</i>	Svedovidov, 1931
			<i>Thymallus brevipinnis</i>	Svedovidov, 1931
			<i>Thymallus montanus</i>	Milner, 1874
			<i>Thymallus signifer</i>	Richardson, 1823
			<i>Thymallus signifer tricolor</i>	Cope, 1865
			<i>Thymallus tricolor</i>	Cope, 1865
			<i>Thymallus tricolor montanus</i>	Milner, 1874
3	<i>Thymallus arcticus baicalensis</i>	Baikal black grayling	<i>Thymallus arcticus baicalensis</i>	Dybowski, 1874
			<i>Thymallus grubii baicalensis</i>	Dybowski, 1874
4	<i>Thymallus arcticus grubii</i>	Amur grayling	<i>Thymallus arcticus grubei</i>	Dybowski, 1869
			<i>Thymallus arcticus grubii</i>	Dybowski, 1869
			<i>Thymallus grubei</i>	Dybowski, 1869
			<i>Thymallus grubii</i>	Dybowski, 1869
5	<i>Thymallus arcticus pallasii</i>	East Siberian grayling	<i>Thymallus arcticus pallasii</i>	Valenciennes, 1848
			<i>Thymallus pallasii</i>	Valenciennes, 1848
6	<i>Thymallus brevirostris</i>	Mongolian grayling	<i>Thymallus brevirostris</i>	Kessler, 1879
7	<i>Thymallus nigrescens</i>	Kosogol grayling	<i>Thymallus arcticus nigrescens</i>	Dorogostaisky, 1923
			<i>Thymallus nigrescens</i>	Dorogostaisky, 1923
8	<i>Thymallus thymallus</i>	Grayling	<i>Thymallus decorus</i>	Koch, 1840
			<i>Thymallus eliani</i>	Valenciennes, 1848
			<i>Thymallus gymnogaster</i>	Valenciennes, 1848
			<i>Thymallus gymnothorax</i>	Valenciennes, 1848
			<i>Thymallus thymallus</i>	Linnaeus, 1758
			<i>Thymallus thymallus kamensis</i>	Lukash, 1929
			<i>Thymallus thymallus lacustris</i>	Balon, 1962
			<i>Thymallus umbrosa</i>	Gistel, 1848
			<i>Thymallus vexillifer</i>	Fitzinger, 1832
			<i>Thymallus vexillifer</i>	Perty, 1832
			<i>Thymallus vulgaris</i>	Nilsson, 1832
9	<i>Thymallus yaluensis</i>		<i>Thymallus arcticus yaluensis</i>	Mori, 1928
			<i>Thymallus jaluensis</i>	Mori, 1928
			<i>Thymallus yaluensis</i>	Mori, 1928

Vooral de naamgeving van de vlagzalm in de voormalige Oostbloklanden en Rusland levert veel problemen op omdat deze literatuur slecht ontsloten is.

Door analyse van mitochondrieel DNA van Europese vlagzalmen is duidelijk geworden dat de Noord-Europese vlagzalm genetisch onderverdeeld kan worden in een Finland-Estland-Noordwest-Rusland populatie en Centraal-Duitsland-Polen en een populatie ten westen van de Baltische Zee-populatie. Beide laatstgenoemde populaties stammen af van een populatie uit het Donagebied (Koskinen *et al.*, 2000).

Etymologie

In het Grieks betekent thymallo(u)s een soort vis die op zalm lijkt (Froese & Pauly, 2004). Andere auteurs menen dat de naam afkomstig is van tijm, het kruid waar de vlagzalm naar ruikt (Jankovič, 1964). Volgens sommige auteurs smaakt het vlees van de vlagzalm ook naar tijm (de Nie, 1997; Gerstmeier & Romig, 2000).

2.2 Uiterlijke kenmerken

De vlagzalm heeft een langgerekt lichaam dat zijdelings afgeplat is. De kop is relatief klein en loopt spits toe naar de bek. De bovenkaak is langer dan de onderkaak. Het oog is vrij groot. De pupil heeft een uitlopende punt in de richting van de neus en is daardoor enigszins peervormig. De buik- en borstvinnen zijn laag op het lichaam geplaatst. De rugvin begint halverwege de borst en buikvin. Net als alle andere salmoniden heeft de vlagzalm een voor de salmoniden kenmerkende vetvin. De staartvin is licht gevorkt. Verder valt vooral bij mannetjes de sterk vergrote rugvin op met kenmerkende rijen strepen of stippen. Aan deze grote rugvin (lijkt uitgestrekt op een vlag) heeft de vlagzalm zijn naam te danken. Met name boven de zijlijn komen verspreid donkere stippen voor. Deze stippen liggen vaak op een lijn. De bovenkaak is nabij het kaakscharnier afgeplat en valt over de onderkaak heen. Op de kaken zijn kleine tandjes aanwezig. Het lichaam is torpedovormig en hierdoor aangepast aan stromende wateren.

Meristieke kenmerken: Rugvinstralen: 17-24 (9-15); Anale vinstralen: 10-13 (10-13); Vertebrae / rugwervels: (58-61), aantal schubben op de zijlijn 114-130 (109-131). De staartvin is licht gevorkt (Nijssen en de Groot, 1987, tussen haakjes: Froese & Pauly, 2004).

Om eventueel onderscheid te kunnen maken tussen ondersoorten of rassen is in het verleden veel morfometrisch onderzoek gedaan. Op basis van statistische verschillen in lichaamsverhoudingen trachtte men het bewijs te leveren voor het bestaan van verschillende populaties. Jankovič (1964) levert op basis van 50 morfometrische kenmerken het bewijs voor morfometrische verschillen tussen populaties in Joegoslavische en Russische rivieren.

Geslachtsverschillen

Buiten de paaitijd zijn mannetjes en vrouwtjes moeilijk te onderscheiden. In de paaitijd kenmerkt het mannetje zich door gemiddeld grotere buikborst en anaalvin, een donkere kleur terwijl de vrouwtjes meer zilverachtig blijven.

Het meest kenmerkende is de enorme rugvin van het mannetje. De rugvin kan tot de vetvin reiken en de laatste stralen van de rugvin zijn het langst. Bij het vrouwtje zijn de laatste rugvinstralen het kortst (Dyk, 1959). Bij gedragswaarnemingen tijdens de paai kunnen de sexen op kleur en gedrag onderscheiden worden. Het donkere mannetje is vrij stationair aanwezig op de door hem bezette paaiplaats, terwijl de qua kleur lichtere vrouwtjes meer heen en weer trekken tussen de verschillende paailocaties (Poncin, 1994).



De vlagzalm (bron Sportvisserij Nederland)

2.3 Herkenning en determinatie

In Nederland zal de herkenning van de vlagzalm in het algemeen niet veel problemen opleveren want er komt maar één soort voor. De vissoort kenmerkt zich door een grote rugvin, de aanwezigheid van een vetvin en een peervormige oogpupil (zie bovenstaande foto).

3 Ecologische kennis

3.1 Leefwijze

De vlagzalm is een salmonide, maar kent geen uitgesproken zoet-zout trekgedrag zoals de zalm. Wel migreert de vlagzalm over relatief kleine afstanden in de rivier voornamelijk tijdens de paaiperiode (lokale/-regionale migratie). In de Botnische Golf komen ook trekkende populaties van vlagzalmen voor. Hierdoor laat de vlagzalm toch iets zien van de typische anadrome leefwijze van salmoniden. De vlagzalm kan relatief brak water verdragen. De vlagzalm heeft van noordelijk (Zweden) naar het zuiden (Zuid-Frankrijk en Joegoslavië) een steeds beperkter leefgebied in een rivier. In het noorden van het verspreidingsgebied komen vlagzalmen voor in allerlei delen van het stroomgebied van een rivier, zoals stilstaande meren, beken, rivieren en zelfs in de zee. In sommige rivieren in Duitsland en Frankrijk komt de vlagzalm maar op een speciaal kort traject van enkele kilometers in een rivier voor. Dit heeft voornamelijk te maken met de voorkeur van vlagzalm voor zuurstofrijk water. Bij organische belasting van beek- of rivierwater verdwijnt de vlagzalm meestal als eerste soort in de visgemeenschap. De zone waarin de vlagzalm voorkomt kenmerkt zich door hoge stroomsnelheden en een vlak stromingspatroon van het water. Dat wil zeggen, het water is zo diep dat er geen luchtinslag door turbulent water meer voorkomt. De vlagzalmzone ligt net stroomafwaarts van de forelzone, maar stroomopwaarts van de barbeelzone.

De vlagzalm komt voor in groepen die een hiërarchisch verband hebben. De vlagzalm verdedigt geen territorium. De paarijpe vlagzalm trekt in het vroege voorjaar naar bovenstrooms gelegen paaigebieden en paait daar af. De eieren worden in kiezelbedden afgezet en worden niet door de ouders bewaakt. Als de eieren uitkomen, zoeken de larven de beschutting in de oeverzone. Na de paai vertrekken de ouderdieren weer naar hun standplaats. Anadrome vlagzalmen in de Oostzee trekken terug naar de zee na de paai. Naarmate de vlagzalm ouder wordt, verschuift het habitat meer naar de hoofdstroom. De vlagzalm wordt na 1 tot 5 jaar geslachtsrijp.

3.2 Geografische verspreiding

In Europa komt alleen de Europese vlagzalm (*Thymallus thymallus*) voor, globaal tussen de 40° en 70° breedtegraad. In Midden-Europa is plaatselijk de Arctische vlagzalm geïntroduceerd.

Het verspreidingsgebied van de vlagzalm in Europa betreft delen van België, Duitsland, Denemarken (Jutland), centraal en Oost-Frankrijk (inclusief Rhône systeem), Noord Italië/Adriatische zee, delen van vroegere Joegoslavië, Centraal Europa/Balkan (inclusief Donau), inclusief landen en rivieren die afwateren in de Zwarte zee (Dnjestr), Estland, Letland, Litouwen, Kola Schiereiland, het noorden van Rusland en de

rivieren afwaterend in de Witte Zee tot aan de Kara rivier Oeralgebergte. Niet duidelijk is of de Europese vlagzalm nog voorkomt in wateren die uitmonden in de Kaspische zee. In het noorden wordt het verspreidingsgebied naar het westen begrensd door de Tana (Teno) rivier in Noorwegen en Finland. In Zweden komt de vlagzalm voor op alle wateren die uitmonden in de Botnische golf. In het zuiden van Noorwegen komt de vlagzalm ook voor, maar niet in de rivieren die uitmonden in de Atlantische oceaan. De vlagzalm komt wel in het zuiden van Engeland voor, maar niet in Schotland en Ierland. De rivier Avon is de grens van het verspreidingsgebied. De vlagzalm is wel geïntroduceerd ten noorden van deze rivier en in Ierland. In IJsland en Groenland komt de vlagzalm niet voor.

In de Kara rivier komen zowel de Europese (97%) als de Aziatische vlagzalm (*Thymallus arcticus*) voor (3%; Jankovič, 1964). De Kara rivier ligt net ten westen van het Oeralgebergte. Ten oosten van de Kara rivier komt de arctische vlagzalm *Thymallus arcticus* voor in Mongolië, Siberië en Baikalmeer. Ook in Alaska en de Canada tot de Hudsonbaai komt deze soort voor. In grote delen van Noord-Amerika ontbreekt de soort echter. In de Verenigde Staten kwam de vlagzalm oorspronkelijk in Montana en Michigan voor (*T. montana*).

In Azië worden door Schoeffmann (1999) drie ondersoorten van *T. arcticus* beschreven, de *T. brevirostis* (Mongoolse vlagzalm, Central bassin), *T. nigrescens* (Kosogol grayling; Arctische zee) en *T. grubei* (Amur grayling die voorkomt in rivieren die uitmonden in de Pacifische zee). In Mongolië zou ook nog een *Phylogeophyra altaica* voorkomen aan de zuidkant van de berg Altai. In Noord Amerika komen de soorten *T. montana*, *T. tricolor* en de *T. signifer* voor. De *T. tricolor* is uitgestorven en de beide andere soorten worden gezien als een synoniem voor de arctische vlagzalm (Hubert *et al.*, 1985).

Kurlykova & Makoedov (1995) beschrijven op basis van morfologische kenmerken als grootte en vlekkenpatroon op de rugvin, de ondersoorten *T. arcticus palassi* (Oost-Siberië) en *T. arcticus mertensi* (Kamchatka) in Noordoost Rusland.

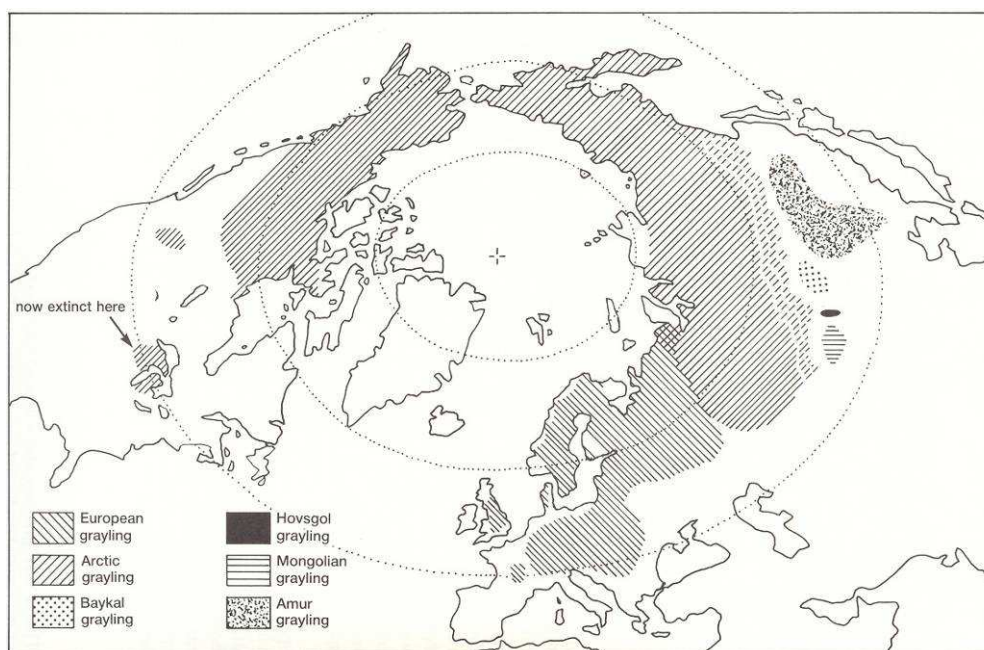
Shurikhina *et al.* (1986) beschrijven ook kruisingsexperimenten tussen verschillende salmoniden waaronder de *T. arcticus baicalensis*. De resultaten bevestigen de taxonome status van de vlagzalmen als een aparte familie Thymallidae in de suborde Salmonoidei.

T. yaluensis (Mori, 1928: In Froese & Pauly, 2004) wordt ook beschreven als een kleine vlagzalm die voorkomt in zeer koude rivieren van Korea, Siberië en sommige meren in de Alpen. Ook in het noordelijk stroomgebied van de Mississippi rivier zou de soort voorkomen.

In Nederland komt alleen de Europese vlagzalm *T. thymallus* voor. In Nederland kwam de vlagzalm in de Geul voor. In 1885 is de populatie verdwenen door lozingen (o.a. lood) in België (Redeke, 1941). Mogelijk kwam de vlagzalm ook in enkele andere beken in het zuiden van het land voor. In de jaren 90 van de twintigste eeuw zijn enkele uitzettings-experimenten door hengelsportverenigingen met vlagzalm gedaan in de Keersop. Dit beekje ligt in het stroomgebied van de Boven-Dommel. Tot aan 1992 werd in de Keersop succesvolle voortplanting van de vlagzalm geconstateerd. De vissen paaiden op een substraat dat bestond uit fijn

grind en zand. Doordat het waterschap minder ging maaien, groeide de beek dicht met onderwatervegetatie en verdween de vlagzalm uit de Keersop en de Boven-Dommel.

Recent zijn ook vlagzalmen uitgezet in de Eiffelroer op Nederlands grondgebied (pers. mededeling T. Belgers, VBC Roer) en de Achterhoekse beken (pers. mededeling J. te Moller). Na 1970 zijn in Nederland vangsten gedaan in de Keersop, Geul, Swalm en de Roer. In het Haringvliet zijn ook twee exemplaren aangetroffen (de Nie, 1997). Mogelijk zijn deze exemplaren uitgespoeld uit de genoemde beken. In Nederland lijken de omstandigheden voor een duurzaam zichzelf instandhoudende populatie marginaal.



Figuur 3.1 Verspreiding van een aantal vlagzalmsoorten (bron: Broughton, 1989)

3.3 Migratie

3.3.1 Migratie van en naar paaigebieden

Als de watertemperatuur stijgt tot circa 5 °C, beginnen vlagzalmen te trekken naar de paaigebieden. Adulte vlagzalm migreerde 230 meter tot bijna 5 km naar de paaiplaatsen in een Belgische rivier (Aisne) (Parkinson *et al.*, 1999). Daar werd tussen 18 en 29 maart gepaaid, bij een afname van het debiet na hoogwater, toename van de temperatuur en lage turbiditeit van het water. Sommige auteurs menen dat de maanstand ook een belangrijke factor is in het induceren van de paaitrek. Mannetjes arriveerden enkele dagen eerder op de paaigronden dan de vrouwtjes en bleven er ook langer (10-19 dagen, tegenover 2 tot 3 dagen voor de vrouwtjes). Een groot aandeel van de paaidieren verliet de paaiplaats al na 12 uur.

Als ze volwassen zijn, paaien de vlagzalmen ieder jaar (Northcote, 1995).

Homing

Het homing gedrag van vlagzalmen wordt door meerdere auteurs beschreven (o.a. Parkinson *et al.*, 1999; Müller & Karlsson, 1983, Pavlov *et al.*, 2000). De vlagzalmen keren na de paai terug naar de pool-riffle sequenties, waar zij voor de paai gevangen en gemerkt waren. Na de paai trekt de vlagzalm terug naar de locatie waar de ze oorspronkelijk vandaan zijn gekomen. In rivieren zijn dit pool-riffle locaties, maar in noordelijke streken kunnen dit ook meren zijn. Voor zowel residente (lacustrine) als anadrome (migrerende) vlagzalmen bestaat in meer of mindere mate homing gedrag. Voor lacustriene vlagzalm wordt vaak een migratie naar het meer of hoofdriever als opgroeigebied beschreven, terwijl deze vlagzalm paaien in zijrivieren (Pavlov *et al.*, 2000). In een Noors meer paaien de vlagzalm in 13 zijrivieren in mei en juni. De ouderdieren verlaten de paaigronden kort na de paai en keren terug naar het meer. De jonge vlagzalm groeit op in het meer, in september zijn ze gemiddeld 11,9 km verwijderd van de zijrivier waar ze geboren zijn.

Uit merkexperimenten bleek dat 84,5% van de gemerkte vlagzalm in een zijrivier, het volgende jaar terugkeerde in deze zijrivier. De rest van de vissen paaide in naastgelegen zijrivieren. Deze proef toont aan dat ook vlagzalmen een hoge mate van homing hebben en dat ook de populatie in een meer bestaat uit verschillende stocks die ten minste verschillende zijrivieren benutten voor de paai (Kristiansen & Doving, 1996). In Noord Duitsland werd door radiotelemetrie het gedrag van 7 vlagzalmen gevolgd tijdens de paai. De stroomopwaartse verplaatsing was maximaal 11,3 km (gemiddeld 8,2 km). Perioden met actieve migratie vonden plaats gedurende de dagen werden afgewisseld met rustperioden voornamelijk tijdens de nacht. Gedurende de paaitrek werd gemiddeld 1,15 km/d gezwommen. Er werd geen correlatie gevonden tussen de paaitrek en de rivierafvoer, waterpeil of de watertemperatuur. Gedurende rustperioden werden vanaf een tijdelijk homing-punt zwemactiviteiten ondernomen tot 100 meter rond dit punt. Vier van de 7 vlagzalmen vertoonde post-reproductieve homing, dat wil zeggen dat ze terugkeerden op de plaats waar ze voor de paaimigratie verbleven. De door de onderzoekers geobserveerde lange paaitrek is een gevolg van weinig geschikt paaihabitat in deze rivier. Niet passeerbare stuwen zijn een grote bedreiging voor vlagzalmen in een laaglandbeek (Meyer, 2001).

3.3.2 Migratie buiten de paaitijd

Buiten de paaitijd komen vlagzalmen voor op een min of meer vaste positie. De positie wordt bepaald door een sterke hiërarchische structuur. Bij niet trekkende vlagzalmen werden bewegingen waargenomen van circa 26 meter rond hun homingpunt. Als regel staat de sterkste of oudste vis vooraan in de groep, gezien met de stroomrichting mee (Parkinson *et al.*, 1999).

Arctische vlagzalmen overwinteren in diepe kommen (pools) als het water in de winter erg koud of laag wordt. Niet bekend is of de Europese vlagzalm in gebieden die qua klimaat overeenkomen met de Nederlandse situatie, ook overwinteren in diepe kommen. In ieder geval zijn daar in de literatuur geen aanwijzingen voor gevonden.

3.4 Voortplanting

3.4.1 Paaigedrag en bevruchting

Vlagzalmen zijn promiscue, zowel vrouwtjes als mannetjes paaien met meerdere soortgenoten. Het grootste mannetje is erg dominant en verdedigt een territorium. Dit mannetje is vaak donker gekleurd.

Het paaigedrag van de vlagzalm bestaat uit de volgende handelingen:

- het benaderen van het mannetje door het vrouwtje;
- het schudden met het lichaam door het mannetje en het vrouwtje;
- het aanraken met rugvin of rugvin over het vrouwtje leggen door het mannetje ("claspings");
- het kruisen van de staartvinnen;
- "head-tail" naast elkaar staan en gapen, waarbij sperma en eieren vrijkomen.

Als deze reeks is uitgevoerd wordt gesproken van een succesvolle paaiactie.

De eieren van de vlagzalm liggen onder enkele centimeters grind of gravel. Door (Dyk, 1959; Poncin, 1994, 1996; Darchambeau & Poncin, 1997) wordt bij het beschrijven van de paai niet gemeld of een kuil wordt gemaakt door het mannetje dan wel het vrouwtje en of de eieren actief bedekt worden. Door één auteur wordt beschreven dat het vrouwtje haar genitale opening onder gravel werkt door sterke vibrerende bewegingen en daarbij haar eieren afzet. De eieren worden ondiep afgezet (Jankovič, 1964).

Vaak blijken vlagzalmen succesvol te paaien op een mengsel van fijn grind en zand, waarin zeer ondiepe nesten worden gemaakt (Oostenrijk, Denemarken en Keersop).

De mannetjes bezetten een nestgebied en verdedigen dit. De vrouwtjes bewegen over verschillende gebieden. Na het paaien vertrokken de vlagzalm weer naar de oude pool-riffle sequentie terug, waar ze eind februari gemerkt waren (Parkinson *et al.*, 1999).

In onderzoek van Darchambeau & Poncin (1997) bleken van de 70 paai-pogingen in de Ourthe er maar 36 volledig te worden afgemaakt. In sommige gevallen werd de paai-poging niet afgemaakt door inmenging van een ander mannetje. Dit zogenaamde "sneaking behaviour" werd vastgesteld in 1 poging tussen twee mannetjes en 1 vrouwtje

De grootste vlagzalm man (43 cm TL, n=1) vertoonde sterk territoriaal gedrag op een paailocatie (Poncin, 1994; Kratt & Smith, 1980). Deze vis ontwikkelt ook meer agressief gedrag (drie maal zoveel) dan andere mannetjes (25-36 cm, n = 7). Dit agressief gedrag bestaat uit een aantal dreigingen en eindigt met een aanval, met of zonder bijten, waarna een van beide mannetjes verdwijnt. Vrouwtjes (24-33 cm TL, n=4) vertonen geen agressief gedrag. Echter de frequentie van paaien was vergelijkbaar met die van kleinere mannetjes. Het paaigebied bestond uit een 20 meter langer en 10 meter brede sectie. Het dominante mannetje toonde agressief gedrag in het midden van het paaibed, de andere mannetjes niet. Het midden van het paaibed leek de beste plaats qua habitat. De waterdiepte was 30-40 cm, stroomsnelheid 20 cm/s, 1-3 cm groot en

schoon gravel. Door de andere mannetjes werd vaak aan de rand van het paaibed gepaaid, tot een waterdiepte van 88 cm. Ook paaipogingen tussen mannetjes, maar ook vrouwtjes onderling komen voor. Visuele stimulatie en vibrerende bewegingen zijn de factoren die dit gedrag veroorzaken. Ook interacties tijdens de paai met andere vissoorten tijdens de paai komen voor. Poncin (1994) beschrijft het paaigedrag van een mannelijke vlagzalm bij een foeragerende barbeel. De mannelijke vlagzalm vertoonde het benaderen, schudden en rugvinclaspings. Het meeste paaigedrag werd overdag waargenomen bij watertemperaturen van 6,9 tot 7,9° C. Ook in andere studies wordt paaigedrag gedurende de dag waargenomen, vaak tussen 12.00 en 19.00 uur. De paaiperiode kan 1 tot 6 weken duren (Poncin, 1996; Jankovič, 1964, Dyk, 1959). In studies van Dyk (1959) werd afgepaaid tussen de 7 en 12° C en duurde de paaitijd 3 dagen tot meer dan 2 weken. De kortste paaitijden en de laagste temperaturen waarop al gepaaid werd, werden waargenomen in hoger gelegen beken of beekdelen. De paaiperiode kan voor enkele dagen worden uitgesteld als de temperatuur zakt.



Paaiende vlagzalmen op zand/grindsubstraat (foto: Michel Roggo)

De vlagzalm paait meestal in kleine groepen van vissen, maar ook de paai van honderden exemplaren samen wordt ook beschreven (Dyk, 1959). Vertraging in de paaitrek, door bijvoorbeeld stuwen, heeft tot gevolg dat minder paairijpe vrouwtjes de hoger stroomopwaarts gelegen paaigronden bereiken. De vertraging heeft meer directe gevolgen voor vrouwtjes dan voor mannetjes. Mannetjes blijven langer rijp. Het niet bereiken van de hoger gelegen paaigebieden heeft tot gevolg dat de vrouwtjes hun eieren afzetten op niet optimale paaibedden. Dit heeft weer gevolgen voor de aantallen uitgekomen eieren en de overleving van 0+ vissen (recruitment) (Fleming & Reynolds, 1991).

Het paaigedrag van de Arctische vlagzalm vertoont veel overeenkomsten met het paaigedrag van de Europese vlagzalm. Arctische vlagzalmen verbleven tot 7 dagen op de paaigronden (Kratt & Smith, 1980).

3.4.2 Paaiperiode

3.4.3 Paaihabitat

De vlagzalm paait in zijn leefgebied in centraal Europa op een diepte tussen 30 en 50 cm op kiezel of zand/leem ondergrond. De stroomsnelheid is 40 tot 70 cm/s, incidenteel kan het sneller stromen. De vlagzalm paait niet op verontreinigde of met slib bedekte ondergronden (Dyk, 1959).

Dyk (1959) beschrijft het afpaaien van vlagzalmen in het Zweedse scherengebied. Het zoutgehalte aldaar is 1,7‰.

3.4.4 Sex-ratio bij de voortplanting

Jankovič (1964) beschrijft dat meestal meer mannetjes voorkomen dan vrouwtjes.

Ook Müller (1961) beschrijft een hoge verhouding man: vrouw. De laagst gevonden verhouding is 1 vrouw : 2 mannetjes, de hoogste verhouding is 6 mannetjes : 1 vrouwtje. Deze gegevens zijn afkomstig van hengelvangsten, deze manier van vangen zou de resultaten kunnen beïnvloeden, als bijvoorbeeld de mannetjes in de paaitijd gemakkelijker gevangen kunnen worden, omdat ze bijvoorbeeld agressiever zijn. Bij een elektrovisserij werd een verhouding van 3 mannetjes : 1 vrouwtje aangetroffen. Deze bemonsteringsmethode is waarschijnlijk minder sexe selectief. Onafhankelijk van de bemonsteringsperiode werd een hoge verhouding man : vrouw gevonden in Oostenrijkse onderzoeken (Uiblein *et al.*, 2001).

3.4.5 Gonaden en fecunditeit

De ontwikkeling van de geslachtsproducten begint aan het eind van het eerste jaar in zuidelijke streken. Deze vlagzalmen zijn in het tweede jaar al geslachtsrijp. In noordelijke gebieden, zoals de Kara rivier, zijn de vlagzalmen pas in het zesde of zevende jaar geslachtsrijp (Jankovič, 1964).

De eiontwikkeling vindt plaats in de herfst en winter, de ontwikkeling van testes vindt al gedurende de zomer plaats (juli-september). Oudere vrouwtjes en mannetjes hebben een hogere GSI, en de diameter van de bevruchte eieren is ook groter (Jankovič, 1964). In de literatuur wordt slechts eenmaal melding gemaakt van een hermafrodiete vlagzalm van 21 cm uit Polen (Bachuta *et al.*, 1991).

De fecunditeit van vlagzalmen is in enkele studies onderzocht. Vaak wordt niet vermeld of het de absolute fecunditeit is of de relatieve fecunditeit.

Tabel 3.1 Fecunditeitsgegevens vlagzalm

Aantal eieren	Lengte of leeftijd	Min. Aantal	Max. aantal	Ref.
5000-7000/kg				Hochleithner (2001)
		3000-6000	6000-10000	Jankovič, 1964
36240	45 cm / 1160 g / 9 jaar			Jankovič, 1964

Dyk (1959) noemt voor jongere vrouwtjes 15.000 tot 20.000 eieren per kg, voor oudere vrouwtjes 10.000 eieren per kg lichaamsgewicht. Het gewichtsaandeel van de eieren is circa eenzesde van het lichaamsgewicht.

3.5 Ontogenese

Tabel 3.2 Overzicht van de verschillende levensstadia van de vlagzalm.

eieren	vanaf het afzetten tot het uitkomen van de eieren
embryo	vanaf uitkomen eieren tot de dooierzak geheel verbruikt is
larve/fry	vanaf het moment dat de dooierzak verbruikt is tot de uiterlijke kenmerken geheel ontwikkeld zijn, lengte dan circa 2,5 cm. Op dat moment heet fry ook wel fingerling
Juveniel/parr	vanaf het moment dat de uiterlijke kenmerken ontwikkeld zijn tot de geslachtsrijpheid. Vanaf het stadium fry tot een lengte van 7 cm wordt het juveniel ook wel parr genoemd.
adult	vanaf het moment dat het dier geslachtsrijp is tot de dood

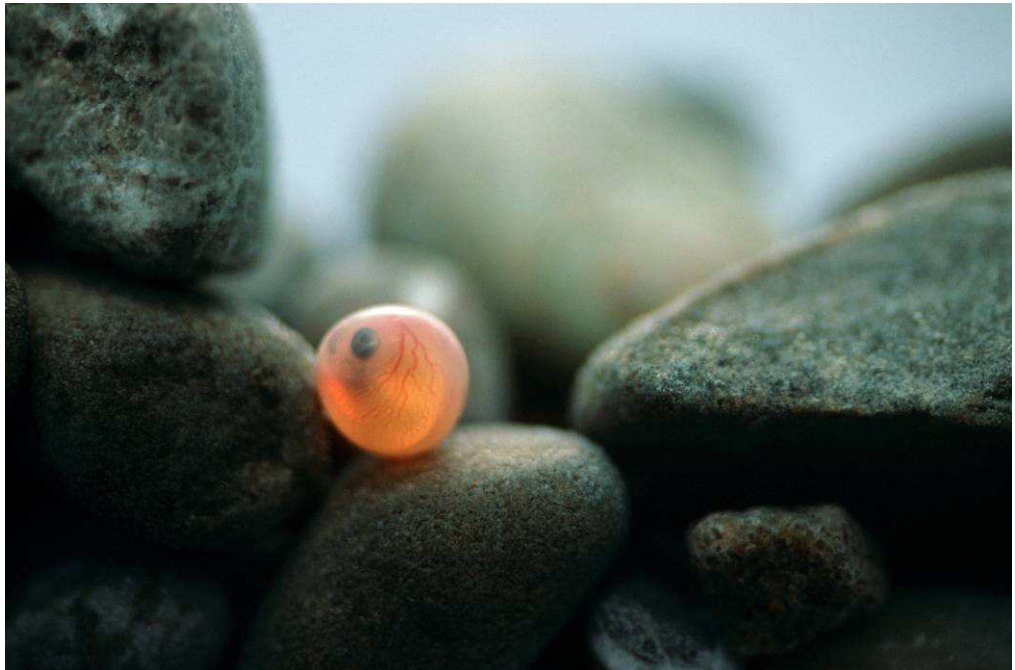
3.5.2 Ei-stadium

De eieren worden afgezet onder enkele centimeters gravel en soms grof zand. De eieren hebben een doorsnede van 3,2 tot 4,1 mm en wegen 30 tot 40 milligram. Volgens Jankovič (1964) hebben de eieren een diameter van 0,9 tot 4 mm, maar in een tabel met fecunditeitgegevens wordt meerdere malen een minimum van 3 mm genoemd, alleen voor Joegoslavië wordt een minimum van 2 mm genoemd. De diameter van de eieren ligt tussen de 3 en 4 mm en hangt af van de leeftijd van het vrouwtje. Dyk (1959) geeft echter niet wat deze relatie is. Aannemelijk is dat oudere vrouwtjes grotere eieren geven. Dit is ook het geval volgens Jankovič (1964).

De eieren zijn plakkerig of kleverig. Haugen (2000) noemt een minimum van 2,37 en een maximum van 3,61 mg drooggewicht voor een ei voor Zweedse rivieren.

Bij een watertemperatuur van 9,5 °C komen de eieren na ongeveer tien dagen uit (Hochleithner, 2001). Een watertemperatuur tussen de 7 en 11 °C is optimaal voor het uitkomen van de eieren. Bij watertemperaturen lager dan 5 °C of hoger dan 15 °C daalt het uitkomstpercentage tot onder de 50%. Bij een toenemende temperatuur neemt het aantal dagen van het moment van bevruchting tot het uitkomen af. Bij een temperatuur van 9 °C duurt het 19-21 dagen totdat 5% van de larven is uitgekomen, na nog eens 3 tot 5 dagen is 90% uitgekomen, dit is ook het maximale uitkomstpercentage. Bij 15 graden is na 10 tot 12 dagen 5% van de

eieren uitgekomen en na nog eens 2 dagen is 75% uitgekomen, dit is ook het maximale uitkomstpercentage (Humpesch, 1985).



Vlagzalmei in het oogpuntstadium (foto: Michel Roggo)

De relatie tussen het aantal dagen tussen bevruchting en uitkomen werd beschreven als $y = a/(x-b)^c$, (y = aantal dagen, $a = 6484,6$, $b = -5,103$, $c = 2,099$). Deze relatie wordt ook wel de Belehradek functie genoemd. Een functie met een exponent geeft een betere fit dan een andere curve, zoals een lineaire. In deze curve komen de bevruchte eieren na 21,7 dagen uit bij een temperatuur van 10 °C (Jungwirth & Winkler, 1984). Haugen (2000) noemt 264 tot 280 daggraden als cumulatieve temperatuur voor het uitkomen van de eieren in Noorwegen. Deze gegevens komen goed overeen met de eerder beschreven relatie, maar niet met de gegevens van Hochleithner (2001).

De sterfte onder de eieren is in het temperatuurbereik van 6 tot 14 °C minder dan 10%. Boven of onder deze range neemt de sterfte zeer snel toe. Met 1 °C af- of toename is de sterfte al gestegen tot meer dan 90% (Humpesch, 1985).

3.5.3 Embryonale en larvale stadium

De uitgekomen embryo's hebben een dooierzak die na nog eens 2 tot 5 dagen is geresorbeerd. Dan pas komen de larven uit het grind. De sterfte tijdens het dooierzakstadium was laag (Haugen, 2000). De eerste swim-up beweging van de larven gebeurde tussen de 27 en 37 dagen na bevruchting. Tussen de eerste swim-up beweging van een larve en de laatste larve met een swim-up beweging zit 3 tot 5 dagen. Jonge vlagzalmlarven komen in de vroege ochtend na zonsopgang uit het gravelbed. Na de swim-up vullen de larven de zwemblaas met lucht en

verblijven ze in kleine groepen in het midden van de waterkolom. Na enkele dagen nemen ze een positie in dicht bij de bodem en gaan ze dicht naar de oevers (Haugen, 2000).



Een pas uitgekomen embryo (foto: Michel Roggo)

De larven stelden hun stroomafwaartse verplaatsing uit tot de daaropvolgende nacht naar de rivieroevers (Bardonnet & Gaudin, 1991, 1991; Bardonnet *et al.*, 1993). Bij aquariumproeven werd er geen voorkeur voor tijdstip van uitkomst gevonden bij geen variatie in licht en temperatuur. Bij zwak licht en variabele temperaturen werd een uitkomstpiek van de eieren gevonden in de morgen, bij de laagste temperatuur (Bardonnet & Gaudin, 1991).

De vrijzwemmende larven hebben een lengte van 10 tot 14 mm en nemen gelijk voedsel op (exogene voedselopname). Voor een aantal Zweedse rivieren worden gemiddelde lengte's bij swim-up larven van 13,0 tot 15,6 mm genoemd door Haugen, 2000). De groeisnelheid varieerde van 1,2 tot 2% per dag, dit was niet afhankelijk van de temperatuur.

Jonge larven van 15-20 mm bleken in de bovenste waterlagen dicht langs de rivieroever te verblijven, waar de stroomsnelheid lager dan 20 cm/s is en de diepte maximaal 40 cm is (Sempeski & Gaudin, 1995^{a,b}).

3.5.4 Juvenile stadium

Oudere larven en jonge parrs van 20-35 mm beginnen posities te kiezen nabij de oever en zwemmen pelagisch. De stroomsnelheden (bij de bodem gemeten) zijn altijd lager dan 20 cm/s, in 60% van de gevallen lag het zelfs beneden 10 cm/s. Maximum diepte bedraagt 50 cm, met een

voorkeur voor ondieper dan 20 cm. De bodem bestaat daar voornamelijk uit zand en wat silt of fijne gravel. De locaties met weinig turbulentie (sheer stress) hebben een hoge voorkeur. Toch heeft een hoge variatie in stroomsnelheid geen invloed op de mortaliteit en verplaatsing naar benedenstroomse gebieden (zogenaamde *drift*) tot gevolg. De twee maanden oude vlagzalmen reageren snel op een verhoogde afvoer door beschutting te zoeken (Valentin *et al.*, 1994).

Bij de overgang van het fry naar het parr stadium vindt een tweede belangrijke overgang in het habitat plaats. Vanaf een lengte van 35-40 mm werden toenemende aantallen juvenielen aangetroffen in de hoofdstroom, waar ze nabij de bodem verbleven. De stroomsnelheden aldaar varieerden van 15-50 cm/s, de stroomsnelheid (bij de bodem gemeten) ligt tussen de 20 en 40 cm/s, met een voorkeur voor snelheden tussen 20 en 30 cm/s. De voorkeur gaat uit naar kleine stenen en grof gravel (60:40) of grof en fijn gravel (60:40) (Sempeski & Gaudin, 1995^b). Deze ontogenetische verandering in habitat wordt voor meerdere salmonidensoorten beschreven. Met de toename in lengte neemt het zwemvermogen toe en hierdoor wordt het mogelijk op ander voedsel over te schakelen van het relatieve fijne driftende zoöplankton naar invertebraten zoals Chironomiden of snel bewegende soorten als *Gammarus* en *Asellus*.

Gedurende de dag waren alle leeftijdscategorieën actief, in de nacht waren de larven en parrs niet actief en rustten ze nabij de bodem in erg ondiep water. Larven en parr zijn afhankelijk van voorbijdrijvend voedsel, dit kunnen ze 's nachts niet bemachtigen. Larven en parr hebben geen territorium en komen vaak in groepen van 10 tot 100 individuen voor (Sempeski & Gaudin, 1995^{a,b}). Sempeski & Gaudin (1995^b) geven aan dat de stroomsnelheid bij de kop van de vis (focal point) een grotere biologische betekenis heeft dan andere stromingsvariabelen.

3.5.5 **Adulte stadium**

Sexe differentiatie bij vlagzalmen geschiedt tussen een leeftijd van 6 maanden en het einde van het eerste levensjaar. In het zuiden (Joegoslavië) worden enkele mannetjes geslachtsrijp op 2 jarige leeftijd, (17,8 – 31,8 cm en 150 tot 260 gram), de meeste op driejarige leeftijd en zijn ze allemaal geslachtsrijp op een leeftijd van 4 jaar bij een lengte van 25 tot 45 cm en een gewicht tussen 432 en 840 gram. In Rusland (Kara rivier) worden vlagzalmen niet geslachtsrijp voor het zesde of het zevende jaar, hoewel sommige individuen eerder geslachtsrijp worden. In de Mesna rivier worden vlagzalmen geslachtsrijp in het vierde jaar. In Tsjechië worden mannetjes geslachtsrijp op twee en drie jaar, en vrouwtjes op drie en vier jarige leeftijd. Drie andere auteurs noemen voor midden Europa ook leeftijden van twee jaar voor mannetjes en drie jaar voor vrouwtjes waarop ze geslachtsrijp worden (Jankovič, 1964).

De vlagzalm wordt in het 2^e tot 5^e levensjaar geslachtsrijp. De mannetjes zijn overwegend in het 2^e jaar al geslachtsrijp bij een lengte van 20 cm en een gewicht van 100 gram. De vrouwtjes zijn meestal in het derde jaar geslachtsrijp bij een lengte van 25 cm en een gewicht van 200 gram (Müller, 1961). De geslachtsrijpe leeftijd neemt toe richting de noordelijke

regioenen (Northcote, 1995). De maximaal gerapporteerde leeftijd is 14 jaar (60 cm TL, 6700 gram). Door visserijdruk is in vele landen de gemiddelde leeftijd gedaald. Vaak worden vlagzalmen niet ouder dan 5 of 6 jaar (Jankovič, 1964). In deze landen is de duur van de reproductieve fase tussen de 1 en 5 jaar.

Vlagzalm heeft een meer uniform groeipatroon (minder variatie in lengte bij een gegeven leeftijd) gedurende het leven dan beekforel. Dit komt door een lagere fenotypische variatie bij vlagzalm. Door een mindere variatie in de levensgeschiedenis van een soort is er minder flexibiliteit. Ook groeien de juvenielen van vlagzalm allen onder min of meer dezelfde omstandigheden op. Bij beekforel wordt alleen al op gebied van paaien een veel uitgebreider scala aan habitatomstandigheden aangetroffen. Hierdoor heeft de soort een bredere life-history dan vlagzalm (Haugen en Rygg, 1996).

In een onderzoek van Thorfve & Carlstein (1998) werden gekweekte vlagzalmen en forellen uitgezet in een semi-natuurlijke beek. In een stroomafwaartse visval werden binnen 2 uur 36,4% van de vlagzalmen teruggevangen en van 2 tot 48 uur 10,0%, voor forel zijn de corresponderende data 1,5% in beide gevallen. Vlagzalm verplaatst zich dus bij uitzetting gemakkelijker over grotere afstanden dan forel. De aanwezigheid van vlagzalm is voor forel een reden om zich naar andere locaties in het proefgebied te verplaatsen.

In sympatrische populaties van vlagzalm en beekforel komen 0⁺ vlagzalmen meer voor op diepere en grotere rivieren. In proeven met beek- of zeeforel alleen, vlagzalm alleen en gemengd bleek:

- In de zomermaanden bleek vlagzalm diepere delen te bezetten van de beekdelen dan zeeforel.
- Zeeforeldichtheden waren hoger in ondiepere delen bij sympatrie. Bij allopatrie werd dit niet aangetoond.
- De mate van wegtrekken van vlagzalm was in juli hoger dan in september. In juli was er geen (significant) verschil in de mate van soorten en dieetoverlap in het voedselpakket (Degerman *et al.*, 2000). Ook Müller (1961) beschrijft dat juveniele vlagzalmen in rivieren tot op een diepte van 3 meter voorkomen. In diverse studies is gebleken dat de vlagzalm niet echt een voedselconcurrent is voor beek- of zeeforel. Dit werd vroeger wel gedacht, omdat beek- of zeeforel bij afnemende zuurstofwaarden eerder gestresst raakt en verdwijnt uit een leefgebied, terwijl vlagzalm blijft (Northcote, 1995). Ook benut de vlagzalm meer bentisch voedsel dan beek- of zeeforel en eet de vlagzalm kleinere exemplaren van dezelfde prooi-soort dan beek- of zeeforel (Northcote, 1995).

De vlagzalm kent een bepaalde positie binnen een bepaald deel van de rivier. Door experimenten is aangetoond dat dit wordt veroorzaakt door hiërarchie en niet door habitat preferentie (Hughes & Reynolds, 1994). In de populatie bestaat een bepaalde volgorde in de hiërarchie. Door het verwijderen van de hoogste vis in de hiërarchie (dominante vis) verplaatsten lager geplaatste vissen zich naar een positie van hun voor-

ganger in de hiërarchie. De mate van dominantie wordt bepaald door de lengte van de vis. De dominantie wordt ook modelmatig beschreven (Hughes, 1992).

3.5.6 Levensduur en leeftijdsbepaling

De maximaal gerapporteerde leeftijd is 14 jaar met een totaallengte van 60 cm en een gewicht van 6700 gram (Froese & Pauly, 2004). Door visserijdruk en intensieve vangst is in vele landen de gemiddelde leeftijd gedaald. Vaak worden vlagzalmen dan niet ouder dan 5 of 6 jaar, met een maximum gewicht van circa een kilo (Jankovič, 1964).

In de literatuur wordt vaak gemeld dat de leeftijdsbepaling geschiedt aan de hand van schubben en vinstralen, maar otolieten (gehoorsteentjes) hebben de voorkeur. Bij schubben en vinstralen wordt de leeftijd bij oudere exemplaren van Arctische vlagzalmen vaak onderschat (Sikstrom, 1983).

3.6 Groei, lengte en gewicht

3.6.1 Lengtegroei

Rivierafvoer en watertemperatuur zijn belangrijke factoren in de lange termijn overleving en populatiedynamica van vlagzalm (Deegan *et al.*, 1999).

Het model van Bertalanffy wordt vaak gebruikt voor de groei van vis, omdat het een goede beschrijving geeft van de jaarlijkse groei over de hele levenscyclus. Het model houdt echter geen rekening met veranderingen in groeisnelheid in afzonderlijke seizoenen, wat vaak een afspiegeling is van de watertemperatuurschommelingen in gematigde klimaat. Door Mallet *et al.* (1999) wordt een nieuw model gepresenteerd, dat wel rekening houdt met de variatie in watertemperaturen. Het model houdt ook rekening met de thermische tolerantiegrenzen van vlagzalm, waarbij met een lagere groeisnelheid wordt gerekend en rekening wordt gehouden met ernstige sterfte (Mallet *et al.*, 1999). De groei kan beschreven worden met de volgende functie: $L_t = L_{\infty}(1 - e^{-k(t-t_0)})$, waarbij k een functie is van de gemiddelde temperatuur volgens onderstaande vergelijking:

$K = k^{opt} (T - T_{min})(T - T_{max}) / (T - T_{min})T - T_{max} - (T - T_{opt})^2$. T_{min} = minimum groeitemperatuur, T_{max} = maximale groeitemperatuur, T_{opt} = Temperatuur met de hoogste groeicoëfficiënt (k_{opt}). De parameters voor het groeimodel zijn : $L_{\infty} = 45,5$ cm, $t_0 = -13$ dagen, $k_{opt} = 0,0027$ dagen⁻¹, $T_{min} = 4,5$ °C, $T_{opt} = 17,3$ °C, $T_{max} = 21$ °C. De temperatuursgegevens zijn gebaseerd op expert opinie, de andere parameters zijn geschat uit data.

Sexeverschillen

In de eerste drie levensjaren bestaan er nauwelijks groeiverschillen tussen mannetjes en vrouwtjes (Jankovič, 1964). De groeisnelheid neemt af met de toename van de lengte van de vis. De groei neemt sterk af als de vis geslachtsrijp wordt in het 4^e of 5^e jaar. De gewichtstoename blijft echter wel hoog. Na het paairijp worden groeien mannetjes sneller dan

vrouwtjes in Joegoslavië en in de Mesna rivier in voormalig Rusland (Jankovič, 1964).

Seizoen

Vlagzalmen groeien voornamelijk in de maanden april/mei tot oktober/november. In de winter treedt er in het algemeen nauwelijks groei op. Er kunnen echter wel grote individuele verschillen optreden. Grote groeiverschillen werden ook vastgesteld door het lezen van de schubben. Bij afname van de groei verschijnt er een verdichting van circuli in de schub. Een brede band van verdichtingen van circuli is een winterband. Diverse vlagzalmen vertoonden pas een vernauwing in de loop van de winter of zelfs pas in het voorjaar. De lengte van de vlagzalmen, vastgesteld in oktober was voor de afzonderlijke (1 tot 6 jaar) jaarklassen 10,5; 20; 26; 30; 33; 35 cm (Woolland & Jones, 1975).

Regio

De vlagzalm lijkt in de noordelijke regionen van het verspreidingsgebied langzamer te groeien dan in de zuidelijke regionen. Jankovič (1964) noemt voor een riviersysteem in Zweden 3,0 cm (range 2.7 – 3.2 cm) als kleinste waarde voor de lengte van 0+ vissen, in een ander rivierdeel werd deze klasse 8,1 cm groot (range 6,8 – 9,2 cm). De groei van vlagzalm kan binnen een riviersysteem significant verschillen (Woolland & Jones, 1975) tussen rivierdelen.

De groei van de verschillende leeftijdsklassen is voor een aantal Engelse, Joegoslavische en Zweedse rivieren is samengevat in onderstaande tabel.

Tabel 3.3 Lengte in centimeters van verschillende vlagzalmpopulaties (indien geen land wordt genoemd is dit Engeland) (Woolland & Jones, 1975).

Locatie	Leeftijd in jaren									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Upper Dee	12,0	21,3	27,0	31,6	33,4					
Dee at Corwen	12,5	23,8	30,3	34,4						
Llyn Tegid	12,0	22,5	29,8	35,8	37,9	39,9				
Gryfe	12,0	20,0	25,0	30,0						
Douglas	7,6	16,8	22,7	25,3	29,0					
Lugg	11,0	16,7	26,0	30,3						
Test	15,9	28,6	33,5	38,7	41,3	43,2				
Storsjo, Zweden	8,4	15,9	23,2	28,5	31,7	33,7	37,8			
Drobsinska	14,7	22,4	26,9	29,4	31,1					
Indalsälven, Zweden	9,4	17,2	23,9	29,6	34,9	38,6	40,8	41,3		
Joegoslavië	15,6	24,1	30,6	35,1	39,0	41,2	42,0			
Ourthe, België	14,5	23,5	29,5							
Zweden	8,1	17,6	23,8							52,0

Anadrome populatie

Müller & Karlsson (1983) constateren dat de anadrome vlagzalmen een snellere groei hebben dan standvissen uit de Luleälv. De groei van vissen in de Luleälv is vergelijkbaar met de gegevens van de Indalsälv (zie Tabel 3.3). De anadrome vlagzalmen verblijven een jaar in het zoete water en gaan dan naar de Botnische golf. Daar verblijven ze tot het 4^e levensjaar en keren dan terug om af te paaien. De vissen hebben een lengte bereikt van bijna 40 cm, terwijl de leeftijdgenoten in het zoete water een lengte bereikt hebben van nog geen 30 cm.

3.6.2 Lengte-gewicht relatie

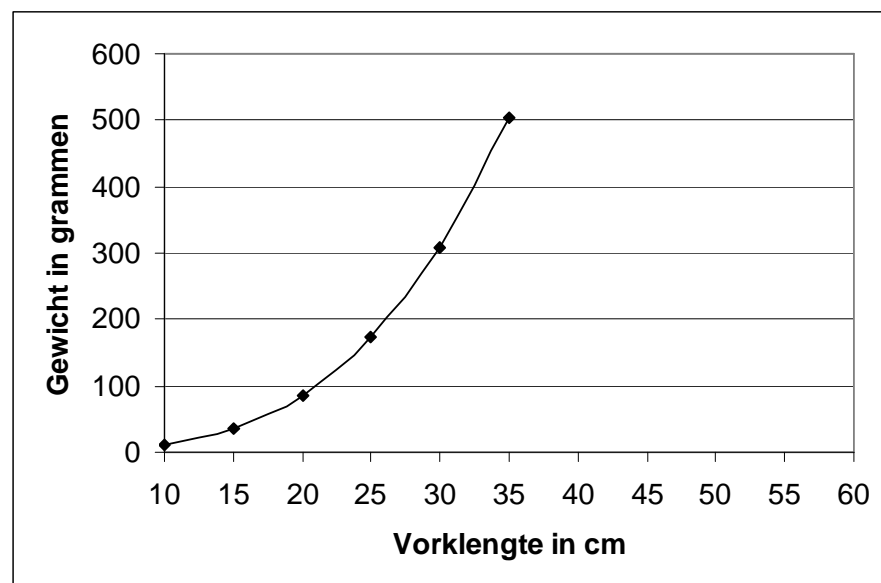
Een vlagzalm van een groeiseizoen oud weegt circa 10 gram bij een lengte van 8 cm. In het tweede jaar bij een lengte van 20 cm weegt deze vis 199 gram en in het derde jaar 200 gram bij een lengte van 25 cm. Bij een lengte van 35 en 60 cm wegen deze vissen 0,5 en 0,75 kg. (Gegevens Tsjechisch onderzoek, Jankovič, 1964).

In Luca rivier (Joegoslavië) worden exemplaren gevangen van 2 kilo. In de rivier Travno is in 1899 een vlagzalm gevangen van 6,5 kilo. In Zweden werd een vlagzalm van 10 jaar oud 52 cm lang. In Joegoslavië worden ook vlagzalmen gerapporteerd van bijvoorbeeld 13 jaar met een lengte van 49 cm.

De lengte gewichtverhouding voor de vlagzalm in Nederland is berekend als

$$G=0,006884 *TL^{3,1498}$$

waarbij G = gewicht in gram en TL is totaallengte in cm ($r^2 = 0,9994$). De relatie is slechts gebaseerd op 7 vissen met een vorklengte tussen 23,2 cm en 33,9 cm (Klein Breteler & de Laak, 2003).



Figuur 3.2 Lengte-gewichtsrelatie Vlagzalm (bron: Klein Breteler & de Laak, 2003).

De grootste vlagzalm waarop de L-G relatie is gebaseerd is, heeft een lengte van 34 cm vorklengte. De vlagzalm kan een lengte bereiken van circa 60 cm, maar van dergelijk grote vissen zijn geen lengte-gewicht gegevens bekend uit veldwaarnemingen van de OVB. Daarom is de lijn van de L-G relatie niet verder getekend in de grafiek dan 35 cm.

Woolland & Jones (1975) geven voor iedere leeftijdsklasse een aparte lengte gewicht relatie op. De coëfficiënten a en b verschillen ook duidelijk tussen de jaarklassen en tussen twee riviersystemen.

Diverse auteurs suggereren dat er een inflexiepunt (omkeerpunt) in de lengte gewicht relatie van vlagzalm is waar te nemen. Dit reflectiepunt is waarschijnlijk het moment dat een vissoort overgaat van een allometrische groei (lichaamsdelen veranderen proportioneel t.o.v. totaal gewicht) naar een meer isometrische groei (lichaamsdelen nemen evenredig toe met de toename in gewicht).

Bij Arctische vlagzalmen is een significant verschil in de lengte gewicht relatie aangetoond tussen mannetjes en vrouwtjes, waarbij vrouwtjes zwaarder zijn (Reed & McCann, 1971). Dezelfde auteurs geven voor de omrekening van de vorklengte (VL) naar de totaallengte (TL) een omrekeningsformule $VL = -5,04 \text{ mm} + 0,95 * TL$ en van totaallengte (TL) naar vorklengte (VL) $TL = 6,22 \text{ mm} + 1,052 * VL$ (1283 individuen, 146 tot 517 mm TL). Voor de Europese vlagzalm zijn geen omrekeningsgegevens gevonden

3.7 Voedsel

Vlagzalm is voornamelijk een zichtjager. Het vermogen van de vlagzalm prooiën te lokaliseren nam toe met de grootte van de prooi en de toename van het licht. Binnen het visuele veld wordt elke geschikte prooi aangevallen. De roodgekleurde copepode *Diaptomus pribilofensis* werd door geen enkele vlagzalm benaderd of gegeten, hoewel de grootte geschikt is (Schmidt & O'Brien, 1982).

Vlagzalmen voeden zich over het algemeen met bodemfauna gedurende het hele jaar. Gedurende de maanden dat er landinsecten aanwezig zijn worden insecten die in het water zijn gevallen ook gegeten, soms worden ze uit de lucht gegrepen. Gedurende de zomermaanden voedt de vlagzalm zich meestal tijdens de vroege morgen en de schemer. In de wintermaanden voedt de vlagzalm zich gedurende de tijd dat het licht is (Jankovič, 1964).

In het larvale stadium prederen de larven voornamelijk kleine exemplaren van zoöplankton, zoals *Bosmina*, *Copepoden*, *Cyclops*, *Daphnia*, *Rotatoria* en/of *Artemia* (Jankovič, 1964; Müller, 1961). In het leefgebied van de larven wordt dit zoöplankton met de waterstroom meegevoerd.

Afhankelijk of de beek gevoed wordt door een meer (met zoö- en fytoplankton), kunnen larven ook *Chironomiden*-, *Tricoptera*- of *Ephemeride* larven in hun dieet hebben bij een laag aanbod zoöplankton. Bij het verlaten van de oeverzone naar de hoofdstroom van de rivier neemt het aandeel *Chironomiden* in het voedsel toe (Sempeški & Gaudin, 1995^b).

Müller (1961) beschrijft een 21 cm lange vlagzalm die maar liefst 2450 *Simulium* larven (black flies, knutjes) heeft gegeten.

In Herefordshire (Engeland) is een onderzoek gedaan naar de voedselvoorkeur van vlagzalm. Hierbij zijn gegevens beschikbaar over alle lengteklassen van vlagzalm en over een heel jaar. Gezien de ligging van het onderzoeksgebied ten opzichte van Nederland lijkt dit een geschikt onderzoek om hier te presenteren.

Het onderzoek naar het foerageergedrag van vlagzalm is vaak gefragmenteerd in tijd en ruimte. Meestal worden de slechts bepaalde maanden in het jaar bemonsterd of alleen bepaalde jaarklassen van de vlagzalm en dan ook vaak in relatie tot de rol van vlagzalm als concurrent van andere salmonidensoorten. Het bemonsteren van maaginhouden tijdens een korte periode kan een vertekend beeld geven van de werkelijke voedselsamenstelling. Sommige voedselitems zijn maar kort (dagen) massaal beschikbaar en worden dan ook massaal benut.

In vele onderzoeken is aangetoond dat vlagzalm een hoge foerageeractiviteit heeft en dit komt tot uitdrukking in een gering aantal lege magen. In een studie werden slechts 2 lege magen op een totaal van 253 maaginhouden gevonden. Het volume van de maaginhouden neemt af in de zomermaanden en in de herfst. Het voedsel kan worden ingedeeld naar de herkomst:

- Substraat: zand, steentjes, detritus, twijgjes en knoppen van bomen.
- Plantaardig: Bessen en zaden, filamenteuze algen. De laatste groep wordt opgenomen samen met fauna die algen eet.
- Oppervlaktevoedsel: Landinsecten, meestal adulte stadia.
- Bodemvoedsel: insecten, meestal larven, verschillende mosselachtigen en crustacea (*Gammarus* en *Asellus*), bloedzuigers en cyprinide- en zalmeieren.

In de studie van Hellawall (1971) worden geen vissen in het menu van de vlagzalm aangetroffen, mogelijk door het relatieve lage aandeel grote vissen in de proefgroep. Vis als voedsel wordt wel genoemd, meestal gaat het om driedoornige stekelbaarzen en elritsen. Vis wordt echter weinig gegeten. Soms passen vlagzalmen hun gedrag aan, bijvoorbeeld de Kamchatkan grayling, die zich aanpast aan de typische condities van een zalmrivier. Het dieet van deze arctische vlagzalm bestaat voor een groot deel uit de eieren en de karkassen van Pacifische zalmsoorten.

In ruim 700 maaginhouden (Zweden) die werden onderzocht werden 5 magen met vis of viseieren aangetroffen. Gegeten werden beekprik, blankvoorn, rivierdonderpad, elrits, tiendoornige stekelbaars, baars en eieren van zalm (Müller 1961).

Tabel 3.4 Relatief aandeel van voedselbronnen in de maaginhoud van vlagzalm uit de rivier Lugg (Totalen per hoofdgroep)(Hellawell, 1971).

Hoofdgroep	Frequentie van voorkomen (%)	Volume (%)
Crustacea (Vlokreeften, Waterpissebedden)	8,2	19,7
Diptera (Vliegen, muggen)	25,6	19,3
Ephemeroptera (Haften, blackflies, meivliegen en eendagsvliegen)	6,9	6,7
Tricoptera (Caddisvliegen, kokerjuffers/schietmotten)	15,2	15,0
Plecoptera (Steenvliegen)	1,2	0,13
Coleoptera (Waterkevers)	7,0	2,66
Molluscs (Mossles/slakken)	3,6	1,98
Visseeieren (cyriniden en zalm)	1,1	1,72
Landinsecten (Vliegen, sprinkhanen)	12,2	8,68
Plantaardig materiaal	0,5	0,21
Detritus/Debris	11,4	14,99

Crustacea vormen het belangrijkste voedsel qua volume (20%), maar komen qua aantallen relatief weinig voor in de maaginhoud (8 %). *Diptera* larven (met name blackflies, *Baetis sp.*) komen vaak voor en hebben een hoog aandeel in het volume.

Tricoptera en *Ephemeroptera* vormen qua aandeel en volume ruim 20% van het dieet.

In sommige maanden worden in 45% van de vissen ook steentjes aangetroffen. Mogelijk helpen deze steentjes (diameter van 8 tot 16 mm) bij het vermalen van voedsel.

Tussen de seizoenen bestaat ook variatie in de voedselsamenstelling. *Crustacea* en dan met name *Gammarus* is het belangrijkste wintervoedsel. In het voorjaar neemt het volumeaandeel *Diptera* toe en in juni juli is het aandeel landinsecten hoog. Het aandeel *Tricoptera* neemt af in juni en juli, maar neemt in de herfst tot en met december weer toe. Ook tussen de jaarklassen zit een grote variatie in aandelen van hoofdgroepen.

Er is een sterke correlatie tussen de lengte van de vis en de voedselgrootte.

Soms wordt een hoog aandeel debris met twijgjes gevonden. Mogelijk verward de vlagzalm bij het foerageren dit voedselitem met *Trichoptera* larven (kokerjuffers) (Hellawell, 1971).

Müller (1961) beschrijft dat de vlagzalmen in Noord Zweden minder voedsel tot zich nemen in het winterhalfjaar als de beken bedekt zijn met ijs. Het voedsel bestaat dan voornamelijk uit *Tricoptera* larven (kokerjuffers). Mollusken (met name *Limnea*: slakken) worden incidenteel ook gegeten.

Tabel 3.5 Voedselaandeel vlagzalm op basis volume tussen jaarklassen in rivier de Lugg (Hellawell, 1971).

Hoofdgroep	0+	1+	2+	3+	4+
Diptera (l & p)	54,4	21,7	11,3	23,9	20,2
Ephemeroptera (n)	-	6,9	7,2	7,7	9,5
Trichoptera (l)	12,3	11,8	19,2	31,6	-
Plecoptera (n)	0,6	0,2	0,1		-
Coleoptera (l & a)	2,2	1,9	4,0	2,5	-
Crustacea	2,4	15,3	28,0	2,7	-
Molluscs	0,4	1,2	2,9	7,0	-
Aerial insects	4,4	8,8	8,3	-	35,2
Debris, detritus	14,9	16,0	13,8	19,7	35,2

a = adult, l = larf, p= pop, n= nymph

Diptera = Vliegen en muggen; *Ephemeroptera* = Eendagsvliegen/haften; *Trichoptera* = Caddisvliegen; *Plecoptera* = Steenvliegen; *Coleoptera* = Waterkevers; *Crustacea* = Vlokreeften; *Molluscs* = Waterslakken en mossels; Aerial insects = in de lucht vliegende insecten; o.a. libellen en sprinkhanen.

In het algemeen zijn de *Ephemeroptera* (*Beatis* en *Chironoptera*), *Trichoptera*, *Plecoptera* en *Diptera* (*Chironomiden*) de meest voorkomende voedselitems gedurende het gehele jaar in het zuiden van Europa. *Saltatoria* (sprinkhanen), *Odonata*, *Hemiptera*, *Neuroptera*, *Lepidoptera*, *Coleoptera* en *Hymenoptera* zijn voornamelijk in bepaalde seizoenen vertegenwoordigd in het voedsel van de vlagzalm (Jankovič, 1964). In Russische rivier Mesna werden de volgende hoofdgroepen gevonden: *Amphipoda* (vlokreeftachtigen), *Chronomidae* en *Trichoptera*. *Isopoda* (duizendpootachtigen en pissebedden), *Coleoptera*, *Hymenoptera* (bijen, wespen en mieren) en andere organismen waren zeldzamer.

3.8 Genetische aspecten

Genetische analyse toonde een sterke genetische divergentie (afsplitsing) tussen populaties van het noordelijke en zuidelijke deel van de Alpen. Er werd ook aangetoond dat er een mix van de subpopulaties tussen sommige rivieren bestaat (Uiblein *et al.*, 2001; Persat, 1996).

Ook populaties van vlagzalm in de Donau, Rijn/Main en Elbe bleken grote genetische differentiatie te vertonen in mitochondrieel en DNA uit de celkern. De bevindingen geven aan dat uitwisseling van vlagzalm materiaal uit verschillende gebieden voorkomen moet worden, om de genetische diversiteit en integriteit van de populaties te behouden. (Gross *et al.*, 2001).

Het niveau van genetische diversiteit binnen een populatie vlagzalmen is erg laag vergeleken met andere vissoorten (Koskinen *et al.*, 2002). Haugen (2000) vergeleek 8 groepen van vlagzalm binnen een riviersysteem in Noorwegen. Uitkomstpercentages van eieren en lengte bij uitkomen werden gecorrigeerd voor waterdiepte, stroomsnelheid en kwaliteit van het gravelbed/paaiplaats. De gevonden fenotypische verschillen zouden gedeeltelijk verklaard kunnen worden door genetische verschillen. Vlagzalm is in dit riviersysteem uitgezet in 1910 en heeft zich over een groot gebied verspreid en heeft zich daarbij aangepast aan de heersende omstandigheden. De vlagzalm heeft zich in deze betrekkelijk

korte periode genetisch gedifferentieerd (Haugen, 2000) in dit afgesloten gebied.

Het chromosoomaantal van vlagzalm is 102 (2n). Er zijn geen gevallen gemeld van hybridisatie met andere salmoniden. Wel kan de Europese vlagzalm gemakkelijk kruisen met de Arctische vlagzalm. Hybridisatie tussen *T. thymallus* en *T. arcticus* in gebieden waar de verspreiding van de soorten elkaar overlapt, komt onder natuurlijke omstandigheden voor, bijvoorbeeld in de Kara rivier (Shubin & Zakharov, 1984).

3.9 Populatiedynamica

De populatieopbouw van veel vlagzalmpopulaties wordt gedomineerd door relatief veel jonge exemplaren vanwege de grote hengeldruk op deze vissoort (Jankovič, 1964). In veel rivieren worden vlagzalmen meegenomen, vanwege de hoge consumptiewaarde van de vis. In sommige zwaar beviste Zwitserse vlagzalmpopulaties zijn maar 6% van de vissen ouder dan twee jaar en 0,3% is ouder dan 3 jaar (Northcote, 2000). De populatieopbouw van vlagzalmen in voor twee Engelse rivieren is beschreven voor een periode van twee jaar in Tabel 3.6.

Tabel 3.6 Populatiesamenstelling oktober 1968 tot oktober 1970. (Woolland & Jones, 1975).

Leeftijdsklasse	Llyn Tegid		Upper Dee		Dee Corwen	
	aantal	%	aantal	%	Aantal	%
0+ - 1	155	15,3	197	11,4	7	10,0
1+ - 2	570	56,2	1033	59,6	28	40,0
2+ - 3	219	21,6	392	22,6	20	28,6
3+ - 4	55	5,4	67	3,9	8	11,4
4+ - 5	14	1,4	32	1,8	6	8,6
5+ - 6	1	0,1	10	0,6	0	
6+ - 7	0		1	0,1	1	1,4
7+ -8	0		1	0,1	0	
Totaal	1014		1733		70	

De 0⁺ en 1⁺ leeftijdsklasse is slecht vertegenwoordigd. Waarschijnlijk wordt dit veroorzaakt door een inefficiënte bemonsteringsmethode voor jonge vis. In de Dee bij Corwen komen meer oudere exemplaren voor (Woolland & Jones, 1975).

Mallet *et al.* (2000) geven een overzicht van de populatieopbouw van vlagzalm door snorkelobservaties in twee zijrivieren van de Ain (stroomgebied Rhône). De samenstelling van de beide populaties was als volgt (zie tabel op de volgende bladzijde):

Tabel 3.7 Jaarklassesamenstelling vlagzalm in twee Franse rivieren (bron Mallet et al., 2000).

	Gévrieux			Mollon		
	0+	1+	2+	0+	1+	2+
Aantal	135	43	26	160	160	64
Gem. Lengte	10,5	24,6	36,9	10,2	24,3	37,0
Min-max lengte	7-13	18-28	30-47	7-13	20-28	30-45

Nb 2⁺ is de 2⁺ jaarklassen en adulte vissen.

De biomassa van vlagzalm wordt in een aantal Oostenrijkse rivieren geschat tussen de 2,4 en 45,3 kg per hectare (Uiblein *et al.*, 2001). Deze biomassa is lager dan de biomassa in de jaren 90 van de vorige eeuw. De minimum populatie verdubbelingstijd is 1,4 - 4,4 jaren ($K=0,12 - 0,26$; $t_m = 2 - 6$; $t_{max}=14$ jaar: Fishbase).

In de literatuur zijn geen aanwijzingen over de minimum populatiegrootte gevonden.

3.10 Parasieten / ziekten

Voor vlagzalm zijn in Europa 69 ziekten beschreven. De ziekteveroorzakers behoren tot 10 taxonomische groepen. Denham & Long (1999) beschrijven de eerste waarneming van de platworm *Gyrodactylus thymalli* in Engeland. *Gyrodactylus salaris* is niet aangetoond onder vlagzalmpopulaties in Engeland. Meer dan 400 soorten van de ectoparasiet (aan buitenzijde van de gastheer levend) *Gyrodactylus* sp zijn beschreven. Sommige soorten komen alleen in de noordelijke regionen voor, andere ziekteverwekkers komen uitsluitend in het Mediterrane gebied. De vlagzalm is meestal gevoelig voor ziekteverwekkers die ook voorkomen bij andere salmoniden (Mytenev & Shyl'man, 1985). De vlagzalm is ook gevoelig voor de karperluis (*Argulus* sp.) en bloedzuigers (*Cystobranchus* sp.). In vlagzalm komen ook bepaalde soorten lintwormen voor (Jankovič, 1964).

De vlagzalm is in de zomer minder resistent tegen ziekten. Dit kan worden veroorzaakt door een laag zuurstofgehalte in het water of door verontreinigingen.

3.11 Bijzonderheden van de soort

In de rivier de Ahr (zijrivier Rijn) werd circa 25% minder vlagzalm, gestippelde alver en barbeel en serpeling gevangen in een winter na de aanwezigheid van aalscholvers (*Phalacrocorax carbo*). Ecomorfologische veranderingen, vervuiling of visserij-invloeden werden uitgesloten als oorzaak voor deze ontwikkeling in de afname van genoemde vissoorten (Schwevers & Adam, 1999).

3.12 Plaats in het ecosysteem

3.12.1 Predatoren

De juveniele stadia van vlagzalm worden gepredeerd door snoek, salmoniden, cypriniden, reigers, aalscholvers en andere gewervelden, zoals otters. Oudere stadia hebben relatief weinig last van predatie, otters en aalscholvers worden wel genoemd als predatoren van oudere leeftijdsklassen (Jankovič, 1964; Suter, 1995).

3.12.2 Competitie

De vlagzalm en de forel concurreren om ruimte en voedsel. In systemen waar de beide vissoorten naast elkaar voorkomen, blijkt de forel in de meer ondiepere delen voor te komen. De vlagzalm verplaatst zijn leefgebied naar bredere, langzaamstromende en diepere secties van de rivier (Haugen & Rygg, 1996; Degerman *et al.*, 2000). Ook de grootte van de bek en de kleinere tanden van de vlagzalm wijzen op een ander dieet (Jankovič, 1964). De vlagzalm is beter in staat mollusken (zoetwatermosselen) te verteren dan forel, omdat de vlagzalm een sterke gespierde maag heeft (Jankovič, 1964).

De vlagzalm komt volgens Müller (1961) vaak voor met de soorten zalm (3 locaties), rivierdonderpad (3 locaties), elrits (3 locaties) *Lota vulgaris* (waarschijnlijk kwabaal, ook 3 locaties) en snoek (1 locatie) voor op drie onderzochte locaties in een beek.

In Oostenrijk komt op 5 locaties (1999) de vlagzalm voor naast de soorten: Oekrainische beekprik (*Eudontomyzon mariae*), beekforel, regenboogforel, Huchen (Donauzalm), kwabaal, kopvoorn, rivierdonderpad en een donauserpeling. De soortenrijkdom varieerde van 4 tot 9 soorten (Uiblein, 2001). In de totale onderzoeksperiode in grotere delen van Oostenrijk is de vlagzalm tegelijk aangetroffen met 22 andere vissoorten (Uiblein, 2001).

4 Habitat- en milieu-eisen

4.1 Algemeen

Voor de arctische vlagzalm is een HGI model ontwikkeld (Hubert *et al.*, 1985). Het model is gebaseerd op de situatie in Noord-Amerika en het betreft een andere soort. Het model kan dus niet zonder meer toegepast worden op de Europese situatie. Indien er voor de Europese soort geen gegevens zijn gevonden is gebruik gemaakt van het Noord-Amerikaanse model.

4.2 Watertemperatuur

Paaiperiode

De temperatuur waarop gepaaid wordt is 6 tot 10 °C (ondergrens) en 10-14,6 °C (bovengrens). In zuidelijke regionen begint de paai eerder (maart-april) dan in de noordelijke regionen (mei tot midden juni).

Eifase

Een watertemperatuur tussen de 7 en 11 °C is optimaal voor het uitkomen van de eieren. Bij watertemperaturen lager dan 5 °C of hoger dan 15 °C daalt het uitkomstpercentage tot onder de 50%. Bij een toenemende temperatuur neemt het aantal dagen van het moment van bevruchting tot het uitkomen af. Bij een temperatuur van 9 °C duurt het 19-21 dagen totdat 5% van de larven is uitgekomen, na nog eens 3 tot 5 dagen is 90% uitgekomen, dit is ook het maximale uitkomstpercentage. Bij 15 graden is na 10 tot 12 dagen 5% van de eieren uitgekomen en na nog eens 2 dagen is 75% uitgekomen, dit is ook het maximale uitkomstpercentage (Humpesch, 1985). Northcote (1995) meldt 180-220 daggraden voor het uitkomen van de eieren.

In een Oostenrijks laboratorium werden de volgende uitkomsten vastgesteld. De mortaliteit bereikte 100% bij temperaturen boven 16 °C. De relatie tussen het aantal dagen tussen bevruchting en uitkomen werd beschreven als $y = a/(x-b)^c$, (y = aantal dagen, $a = 6484,6$, $b = -5,103$, $c = 2,099$). Deze relatie wordt ook wel de Belehradek functie genoemd. Een functie met een exponent geeft een betere fit dan een andere curve, zoals een lineaire. In deze curve komen de bevruchte eieren na 21,7 dagen uit bij een temperatuur van 10 °C (Jungwirth & Winkler, 1984). Dit komt goed overeen met de eerder beschreven relatie, maar niet met de gegevens van Hochleithner (2001). Haugen (2000) noemt 264 tot 280 daggraden als cumulatieve temperatuur voor het uitkomen van de eieren in Noorwegen. Hij vergeleek 8 populaties van vlagzalm binnen een riviersysteem.

Adulte stadium

Het Critical Thermal Maximum (CMT) is in een proef bepaald voor 3 groepen arctische vlagzalmen. De vissen werden gewend aan een constante watertemperatuur (8,4, 16,0 en 20,0 °C). De Upper incipient temperatuur (UILT) was voor de drie groepen 23,0, 23,0 en 25,0 graden. Deze waarden komen overeen met de waarden die in eerdere onderzoeken in Alaska zijn waargenomen (Lohr *et al.*, 1996).

In een experiment in Frankrijk werden vlagzalmen 10 dagen geacclimatiseerd bij 20 °C. Voor vlagzalm die werd blootgesteld aan een temperatuur van 26,2 °C was de sterfte na 24 uur compleet (Kraiem & Pattee, 1980). Northcote (1995) noemt ook een grens van 25 °C als maximum temperatuur in British Columbia.

In de Keersop (Nederland) kunnen volwassen vlagzalmen een watertemperatuur van 24 °C overleven (pers. mededeling F. Moquette).

4.3 Zuurstofgehalte

Vlagzalmen hebben zuurstofrijk water nodig. In de literatuur zijn weinig exacte gegevens hierover gevonden. De meeste globale zuurstofwaarden geven aan dat vlagzalm een zuurstofgehalte van 4 a 5 mg/l of hoger prefereert.

Bij een experiment in Frankrijk werden vlagzalmen blootgesteld aan lage zuurstofgehalten. Na 24 uur bleek een concentratie van 3,6 mg/l dodelijk voor alle vlagzalmen. Bij drie soorten cypriniden werd luchthappen bij zuurstofgebrek waargenomen, bij vlagzalm niet (Kraim & Pattee, 1980).

4.4 Zuurgraad

Müller (1961) noemt een pH van 5,5 tot 6,5 optimaal in humushoudende beken en meren, waar vlagzalmen voorkomen.

4.5 Doorzicht en licht

De vlagzalm voedt zich niet gedurende de nacht. De vlagzalm is een zichtjager en heeft dus helder water en licht nodig.

4.6 Saliniteit

Preferenties voor saliniteit zijn niet gevonden. In de gebieden (beken, rivieren en bergmeren) waar vlagzalm voorkomt zullen de zoutgehalten laag zijn. Fysiologisch moet de vlagzalm het vermogen hebben zich tenminste aan brak water te kunnen aanpassen. Müller (1961) noemt zoutgehalten van 1,5 en 2,7 ‰ in het Zweedse scherengebied waar de anadrome vlagzalmen voorkomen.



Geschikt habitat voor de vlagzalm (foto: Sportvisserij Nederland)



Geschikt habitat voor de vlagzalm (foto: Sportvisserij Nederland)

4.7 Stroomsnelheid / debiet / getijverschil

Volgens Nykaenen & Huusko (2002) moet de stroomsnelheid op de paaiplaats aan de bodem circa 30 tot 60 cm/s zijn. Jankovič (1964) noemt de volgende eisen voor geschikt paaihabitat in de Lule Älv (Zweden): stroomsnelheid 0,4 – 0,7 m/s, diepte 20 tot 40 cm en gravel als substraat. In Frankrijk werd op twee rivieren het paaihabitat onderzocht. De gemiddelde waarden zijn stroomsnelheid 49 cm/s (range 26-92, n=150) op de paaiplaats (Sempeski & Gaudin, 1995^a).

Jonge larven van 15-20 mm bleken in de bovenste waterlagen kort langs de rivieroever te verblijven, waar de stroomsnelheid lager dan 20 cm/s is en de diepte maximaal 40 cm is (Sempeski & Gaudin, 1995^{a,b}). Bij de overgang van fry naar parr vindt een tweede belangrijke overgang in het habitat plaats. Vanaf een lengte van 35-40 mm werden toenemende aantallen juvenielen aangetroffen in de hoofdstroom, waar ze nabij de bodem verbleven. De stroomsnelheden aldaar varieerden van 15-50 cm/s, de stroomsnelheid bij de bodem ligt tussen de 20 en 40 cm/s, met een voorkeur voor snelheden tussen 20 en 30 cm/s (Sempeski & Gaudin, 1995^b).

Door Mallet *et al.* (1999, 2000) worden habitatpreferenties van vlagzalm in Frankrijk voor de stroomsnelheid gegeven in relatie tot de waterdiepte. Alle jaarklassen prefereren een stroomsnelheid tussen de 70 en 110 cm/s.

4.8 Waterdiepte

De paaiplaatsen liggen meestal op een waterdiepte van 10 tot 40 cm. Door Mallet *et al.* (1999, 2000) worden habitatpreferenties van vlagzalm voor de waterdiepte gegeven. De 0+/1+/adults prefereren waterdieptes tussen 50-60; 80-120; 100-140 cm. Dit zijn gemiddelden van twee vrij sterk verschillende riviertjes. De habitat voorkeuren zijn deels afhankelijk van het beschikbare habitat.

4.9 Bodemsubstraat

In Frankrijk werd op twee rivieren het paaihabitat onderzocht. De gemiddelde waarden zijn stroomsnelheid 49 cm/s (range 26-92, n=150) waterdiepte 10-40 cm, substraat is gravel and stenen (gem 2,64 cm). De waterdiepte waarop gepaaid werd, verschilde significant tussen de beide rivieren (Sempeski & Gaudin, 1995^a). Op basis van de gevonden gegevens en het significante verschil in waterdiepte op de paaiplaats zou op regionale verschillen kunnen duiden, het lijkt alsof er in het noorden op gemiddeld grotere diepte wordt gepaaid. Voor een kunstmatig paaibed in de boven-Rijn werd grind gebruikt met een diameter van 16-50 mm.

De vlagzalm heeft voorkeur voor paaigronden met een dominant substraattypet tussen de 16 en 32 mm, een waterdiepte van 40-110 cm een stroomsnelheid van 40 tot 90 cm/s. Door Mallet *et al.* (1999, 2000) worden ook habitatpreferenties van vlagzalm voor het bodemsubstraat gegeven. In de rivier Gévrieux (Frankrijk) hebben oudere vlagzalmen een voorkeur voor coarse sand (0.5 – 2 mm) tot 15.6 cm (coarse cobble). In

het nabijgelegen riviertje Mollon is coarse sand substraat wel beschikbaar, maar wordt geheel niet benut door oudere vlagzalmen. Bij de overgang van fry naar parr vindt een tweede belangrijke overgang in het habitat plaats. Vanaf een lengte van 35-40 mm werden toenemende aantallen juvenielen aangetroffen in de hoofdstroom, waar ze nabij de bodem verbleven. De voorkeur gaat uit naar fijne stenen en grof gravel (verhouding 60:40) of grof en fijn gravel (verhouding 60:40) (Sempeski & Gaudin, 1995^b).

4.10 Vegetatie

Er zijn geen aanwijzingen gevonden dat de vlagzalm onderwatervegetatie nodig heeft in een levensstadium. Instream cover is wel van belang voor de larven die zich langs de oever ophouden. Volgens Nykaenen & Huusko (2002) moet het aandeel instream vegetatiebedekking op de paaiplaats minder zijn dan 10%.

4.11 Waterkwaliteit

Müller (1961) noemt als geschikte hardheid voor water waarden voor wateren in Zweden van 0.5-0.8 °dH.

4.12 Migratie

De vlagzalm kan erg snel zwemmen en zal niet snel hinder ondervinden van natuurlijke obstakels. Bij een lengte van 7 tot 37 cm vorklengte kan een arctische vlagzalm een kritische zwemsnelheid van $36,3 \times \text{vorklengte}^{0,19}$ gedurende meer dan 600 seconden volhouden bij een temperatuur van 12 tot 20 °C. (0,8 m/s tot 1,1 m/s; Wolter & Arlinghaus, 2003).

Mits een vispassage goed functioneert zal de vlagzalm de vispassage goed kunnen passeren.

5 Visserij

De vlagzalm is niet van belang voor de beroepsvisserij. Aan het einde van de 19^e eeuw schijnt er wel beroepsmatig op de Amur vlagzalm gevist te zijn, er worden vangsten van 27000 kilo per jaar vermeld. De vlagzalm staat in hoog aanzien bij de sportvisserij. De vlagzalm is een attractieve vis, maar had vroeger in vele rivieren waar zalm voorkwam niet zo'n goede naam en men schaarde de vlagzalm wel onder coarse vis (witvis), met name in Engeland. De vlagzalmen werden bij vangst altijd gedood (culling).

De visserijdruk door de sportvisserij in sommige rivieren is erg hoog, in een Noorse rivier wordt jaarlijks per kilometer 2000 hengeluren besteed aan de vangst van vlagzalm. In zwaar beviste populaties worden ernstige verwondingen aan de bek gerapporteerd. Tot wel 41% van de vissen vertoont beschadigingen veroorzaakt door haken bij het aanslaan.

In zijrivieren van de Pechora (Rusland) vindt ook overbevissing plaats (Northcote, 2000).

Door sportvissers wordt meestal met de vliegenhengel op vlagzalm gevist. Met deze hengel wordt een kunstvlieg of imitatie van een prooidier in het water gebracht. De vlagzalm kan ook aan kunstaas als kleine spinners worden gevangen. Het vangen van een vlagzalm aan een worm of een insect is ook mogelijk, maar wordt over het algemeen als onsportief ervaren, vanwege de goede vangansen.

Voor de Europese vlagzalm zijn geen gegevens gevonden over het aantal hengeluren of de besteding van sportvissers om op deze vissen te kunnen vissen. Voor de Noord-Amerikaanse soort zijn wel gegevens bekend over reeksen van jaren (BC Hydro webpagina).



Een stuw maakt migratie onmogelijk (foto: Sportvisserij Nederland)



Een vliegvisser (foto: Sportvisserij Nederland)

Bedreigingen

In Oostenrijk is in diverse publicaties beschreven dat de vlagzalm populaties afnemen. Sinds 1997 is de status van de vlagzalm in Oostenrijk endangered (Uiblein *et al.*, 2001). Mallet *et al.* (1999) noemt het verdwijnen van vlagzalmpopulaties in Frankrijk. Persat (1996) noemt ook een afname van vlagzalmpopulaties in heel Europa.

Voor de Nederlandse situatie geldt dat vlagzalm slechts lokaal en incidenteel voorkomt, behalve in enkele grensoverschrijdende rivieren of beken, zoals de Eiffel-Roer. De vooruitzichten voor herstel van vlagzalmpopulaties in Nederland zijn sterk afhankelijk van habitatrestauratie. In grotere beken als de Geul en Eiffel-Roer kunnen mogelijk weer zichzelf instandhoudende populaties van vlagzalmen voor gaan komen.

De afname van vlagzalmpopulaties wordt gewijd aan de toename van fijn sediment (slib), dammen in rivieren, gebrek aan pool-riffle sequenties, en bio/chemische vervuiling. Regenboogforel concurreert met de vlagzalm om voedsel en ruimte. (Uiblein *et al.*, 2001). Bij organische belasting van beek- of rivierwater verdwijnt de vlagzalm meestal als eerste soort in de visgemeenschap Müller (1961). Niet passeerbare stuwen zijn een grote bedreiging voor vlagzalmen in een laaglandbeek (Meyer, 2001).

In Zweden heeft de vlagzalm te lijden gehad van verzuring, rivierregulatie en overbevissing en bestaan de populaties momenteel uit lage dichtheden die voornamelijk bestaan uit jonge exemplaren (Carlstein, 1995).

Door diverse auteurs wordt de gevoeligheid van vlagzalm voor biochemische vervuiling genoemd (o.a. Uiblein, 2001). De vlagzalm heeft een hoge concentratie zuurstof nodig en zal bij een minder gunstige zuurstofhuishouding snel verdwijnen.

Ook Mallet *et al.* (1999) noemt het verdwijnen van vlagzalmpopulaties in Frankrijk door habitatdegradatie, vervuiling en overbevissing. Habitatdegradatie wordt voor een belangrijk deel veroorzaakt door regulatie van riviertjes door bijvoorbeeld dammen en stuwen, waardoor de variatie in stroomsnelheid afneemt. Hierdoor verdwijnt ook allerlei specifiek habitat dat nodig is voor het voltooien van de gehele levenscyclus van de vlagzalm. Door de bouw van dammen met waterkrachtcentrales kan de stroomsnelheid stroomafwaarts van de waterkrachtcentrale enorm variëren. Dit wordt vaak als een groot probleem gezien bij het beheer van vlagzalmpopulaties (Northcote, 1995). De impact van aalscholvers op de vlagzalmpopulatie lijkt gering te zijn. Vaak is de hengeldruk van groter invloed op de populatie. Wel worden vaak wonden op de vis ontdekt, die toegeschreven kunnen worden aan aalscholvers. In een populatie vlagzalmen in Zwitserland werden op 10 tot 16% van alle jaarklassen vissen recente wonden van aalscholvers aangetroffen. De auteur stelt dat negatieve implicaties van zulke verwondingen op de populatie niet bekend zijn (Suter, 1995). In de rivier de Ahr (zijrivier Rijn) werd circa 25% minder vlagzalm, gestippelde alver en barbeel en serpeling gevangen in een winter na de aanwezigheid van aalscholvers (*Phalacrocorax carbo*). Ecomorfologische veranderingen, vervuiling of visserij-invloeden werden uitgesloten als oorzaak voor deze ontwikkeling in de afname van genoemde vissoorten (Schwevers & Adam, 1999).

6 Beheer

Diverse vlagzalmpopulaties hebben de afgelopen decennia sterk te leiden gehad van menselijke invloeden. Het herstel van vlagzalmpopulaties kan op meerdere manieren benaderd worden. Habitatverbetering en visserijregulatie lijken de meeste positieve invloed te hebben op vlagzalmpopulaties. Bij habitatverbetering moet worden gedacht aan het terugdringen van verontreinigingen en het herstellen van de natuurlijke situatie in een beek, waardoor meer diversiteit in het milieu ontstaat. Andere mogelijke beheersmaatregelen zijn (Northcote, 1995):

- Beheren van de afvoer van energiecentrales, piekafvoeren dienen vermeden te worden;
- Predator- en concurrentiecontrole;
- Prooidieren (invertebraten) introduceren;
- Paai- en opgroefaciliteiten bieden;
- Vissen opkweken in kwekerijen.

Bij visserijregelgeving kunnen de volgende maatregelen worden genoemd (Jankovič, 1964):

- Instellen van een gesloten periode ruim voor de paai tot ruim na de paai. In Tsjechië en aangrenzende landen geldt een verbod van 1 januari tot half juni.
- Het instellen van een minimummaat voor het meenemen van vissen. In sommige landen is de minimum maat 30 cm, maar ook 40 cm komt voor. Bedacht dient te worden dat oudere vrouwtjes veel eieren geven en dus waardevol zijn.
- Maximum aantal mee te nemen vissen instellen of een totaal meeneemverbod instellen.
- Visserijverbod voor bepaalde rivierdelen of een langere periode van bijvoorbeeld 9 maanden.
- Bij ernstig bedreigde populaties kunnen ook drastische beperkingen, zoals een totaal visverbod worden ingesteld.

Voor het herstel van populaties in de Nederlandse beken lijkt een internationale aanpak van belang, omdat de potentieel geschikte beken grensoverschrijdend zijn. Voor een natuurlijke vlagzalmpopulatie in Nederland lijken de mogelijkheden beperkt. Het ontbreekt momenteel aan geschikt habitat. Aan mogelijke locaties voor herintroductie moet gedacht worden aan de Geul, Roer en de Grensmaas.

Kweken

Vroeger was het bevruchten van vlagzalmeieren problematisch, omdat vrouwtjes niet goed geslachtsrijp werden in gevangenschap. Door het toepassen van hormonen is dit verbeterd en kan vlagzalm ook succesvol kunstmatig bevrucht worden. Vlagzalm kan dus ook uitgezet worden, hoewel men rekening dient te houden met de genetische integriteit van een populatie en met ziekteinsleep.

Elektrovisserij

Juvenile Arctische vlagzalm lijkt vrij gevoelig voor de effecten van elektrische stroom op de lengte en groei. In het beheer van Europese populaties dient daarmee rekening te worden gehouden. Afhankelijk van de tijd waaraan de vlagzalmen werden blootgesteld en de gebruikte stroomsoort bleken juvenile vlagzalmen grote groeivertragingen op te lopen ten opzichte van de controlegroep. Voor de overleving van de vis in de winter kan dit cruciaal zijn. De vlagzalmen die werden blootgesteld aan gepulseerde gelijkstroom van 60 Hz gedurende 5 of 10 seconden, bleken 9 tot 17 mm slechter gegroeid te zijn na 100 dagen. Het gewicht van deze vissen was 17 tot 26 gram lager (Dwyer & White, 1997).

Genetica

Het verspreidingsgebied van vlagzalm is vrij groot en de kans dat de soort geheel uitsterft lijkt daarom klein. Morfometrische en genetische studies hebben aangetoond dat het om geïsoleerde populaties gaat. Het lijkt dus van belang deze populaties zo goed mogelijk te behouden. Door uitzettingen van genetisch niet nauw verwante exemplaren kan een verlies aan allochtone genen ontstaan. Door diverse auteurs wordt dus voorzichtigheid bepleit om vissen maar gemakshalve uit te zetten. Habitatverbetering heeft meer en structurelere positieve effecten (Persat, 1996).

7 Kennisleemtes

Over het beheer van vlagzalmpopulaties in het buitenland is relatief veel bekend. Mogelijk zijn uit deze studies de ruimtelijke eisen van vlagzalm te bepalen. Hierover is geen informatie gevonden in de bestudeerde literatuur.

Kennis over het beheer of het toepassen van beheer ten aanzien van vlagzalmpopulaties in Nederland is niet aanwezig.

Verklarende woordenlijst

term	omschrijving
allometrisch	veranderingen in de proportie van delen van een organisme als gevolg van groei.
allopatrisch	populaties die in gescheiden geografische gebieden voorkomen
anadroom	vissoorten die het grootste deel van hun volwassen leven doorbrengen in het zoute water en voor de paai de rivieren optrekken.
circuli	een afzonderlijk donker bandje in een schub van een vis. De afzonderlijke circuli vormen een zomerband of een winterband. In een zomerband liggen de circuli verder uit elkaar dan in een winterband en zijn hiermee een indicatie voor de groei tussen de verschillende seizoenen.
clasping (rugvin-)	omvatten van de partner door het mannetje met zijn grote rugvin.
endangered	populatie(s) zal/zullen op langere termijn verdwijnen als geen maatregelen genomen worden.
fry stadium	stadium vanaf vrijzwemmende larve tot een lengte van 2,5 cm, het stadium waarop de eerste schubben gevormd worden. In dit stadium worden de visjes ook wel fingerling genoemd.
hermafrodiet	organisme met mannelijke en vrouwelijke geslachtskenmerken en geslachtsorganen.
homing	het vermogen om terug te keren naar de geboorteplaats/rivier.
induceren	in gang zetten, op gang brengen.
isometrisch	gelijkmatige verandering van delen van een organisme als gevolg van groei.
pool-riffle sequentie	het geheel van een stroomversnelling en een poel. Een stroomversnelling wordt gekenmerkt door hogere stroomsnelheden over een ondieper deel van de beek. Het water is vaak turbulent als er grote stenen aanwezig zijn. Een poel (pool) is een dieper deel, met lagere stroomsnelheden.
promiscue	afpaaiend met meerdere partners van het andere geslacht.
lacustrien	levenswijze waarbij een groot deel van het leven van een vissoort verbonden is aan een meer.
parr stadium	stadium van jonge salmonide in de periode voor de migratie, maar na het verlaten van het paai bed.
shear stresses	mate van turbulentie van het wateroppervlak.
sympatrisch	populaties die in dezelfde of overlappende geografische gebieden voorkomen maar die niet onderling voortplanten.

Verwerkte literatuur

- Bardonnet, A., Gaudin, P., 1990. Diel pattern of emergence in grayling (*Thymallus thymallus*). Canadian Journal of Zoology. Vol. 68, no. 7, pp. 465-469, 1991.
- Bardonnet, A., Gaudin, P., 1991. Influence of daily variations of light and temperature on the emergence rhythm of grayling fry (*Thymallus thymallus*). Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. Vol. 48, no. 7, pp. 1176-1180.
- Bardonnet, A., Gaudin, P., Thorpe, J.E., 1993. Diel rhythm of emergence and first displacement downstream in trout (*Salmo trutta*), Atlantic salmon (*S. salar*) and grayling (*Thymallus thymallus*). Journal of Fish Biology. Vol. 43, no. 5, pp. 755-762.
- Berg, L.S. 1948. Freshwater fishes of the U.S.S.R. and adjacent countries: deel 1. 4th edition improved and augmented. IPSR Press, 1962.
- Broughton, R.B., 1989. Grayling, the fourth game Fish. The Crowood Press, Marlborough.
- Bachuta, J., A. Witkowski, B. Kokurewicz, 1991. An hermaphrodite grayling, *Thymallus thymallus* (L.) from the Nysa Klodzka River (Lower Silesia, Poland). Journal of Fish Biology. Vol. 38 (6); p. p. 955-957.
- Carlstein, M., 1995. Growth and survival of European grayling reared at different stocking densities. Aquaculture International. Vol. 3, no. 3, pp. 260-264, 1995.
- Crisp, D.T., 1993. The environmental requirements of salmon and trout in fresh water. Fresh Water Forum. Vol. 3(3), p 176-201.
- Darchambeau, F., Poncin, P., 1997. Field observations of the spawning behaviour of European grayling. Journal of Fish Biology. Vol. 51, no. 5, pp. 1066-1068.
- Deegan, L.A., Golden, H.E., Harvey, C.J., Peterson, B.J., 1999. Influence of Environmental Variability on the Growth of Age-0 and Adult Arctic Grayling. Transactions of the American Fisheries Society. Vol. 128, no. 6, pp. 1163-1175.
- Degerman, E., Näslund, I., Sers, B., 2000. Stream habitat use and diet of juvenile (0+) brown trout and grayling in sympatry. Ecology of Freshwater Fish. Vol. 9, no. 4, pp. 191-201.
- Denham, K.L., Long, J., 1999. Occurrence of Gyrodactylus thymalli Zitnan, 1960 on grayling, *Thymallus thymallus* (L.), in England. Journal of Fish Diseases. Vol. 22, no. 3, pp. 247-252.
- de Nie, H.W., 1997. Atlas van de Nederlandse Zoetwatervissen. Media Publishing, Doetinchem.
- de Nie, H.W. & G. van Ommering. 1998. Bedreigde en kwetsbare zoetwatervissen in Nederland. Toelichting op de Rode Lijst. IKC Natuurbeheer, Wageningen.
- Dyk, V., 1959. Zur Biologie und Physiologie der Äschenvermehrung. Zeitschrift für Fisherei. Ed. H.H. Wundsch. Band VIII N.F. Heft 1 bis 8.
- Dwyer, W.P. & R.G. White, 1997. Effect of electroshock on juvenile arctic grayling and yellowstone cutthroat trout growth, 100 days after treatment. North American Journal of Fisheries Management. Vol 17, no 1, p 174-177.

- Fleming, D.F., J.B. Reynolds, 1991. Effects of spawning-run delay on spawning migration of Arctic grayling. American Fisheries Soc., Bethesda, MD (USA). Bioengineering Sect. Fisheries Bioengineering Symposium., Afs, Bethesda, MD (USA), 1991, pp. 299-305, American Fisheries Society Symposium, no. 10.
- Froese, R. and D. Pauly. Editors. 2007. FishBase. World Wide Web electronic publication. www.fishbase.org version 10/2007.
- Gerstmeier & Romig, 2000. Zoetwatervissen van Europa. Tirion, Baarn.
- Gross, R., Kuehn, R., Baars, M., Schroeder, W., Stein, H., Rottmann, O., 2001. Genetic differentiation of European grayling populations across the Main, Danube and Elbe drainages in Bavaria. Journal of Fish Biology. Vol. 58, no. 1, pp. 264-280.
- Haugen, T.O., 2000. Early survival and growth in populations of grayling with recent common ancestors-field experiments. Journal of Fish Biology. Vol. 56, no. 2, pp. 1173-1191.
- Haugen, T.O., Rygg, T.A., 1996. Intra- and interspecific life history differences in sympatric grayling and brown trout in a Norwegian reservoir. Journal of Fish Biology. Vol. 48, no. 5, pp. 964-978.
- Haugen, T.O., Rygg, T.A., 1996. Food- and habitat-segregation in sympatric grayling and brown trout. Journal of Fish Biology. Vol. 49, no. 2, pp. 301-318.
- Hellawell, J.M., 1971. The food of the grayling *Thymallus thymallus* (L.) of the river Lugg, Herefordshire. Journal of Fish Biology 187-197.
- Hochleithner, M., 2001. Lachsfische. Biologie und Aquakultur. Aqua Tech publications, Austria.
- Hubert, W.A., R.S. Helzner, L.A. Lee and P.C. Nelson, 1985. Habitat suitability index models and instream flow suitability curves: Arctic grayling populations. U.S. Fish Wildl. Serv. Biol. Rep. 82(10.110). 34 pp.
- Hughes, N.F., 1992. Ranking of feeding positions by drift-feeding Arctic grayling (*Thymallus arcticus*) in dominance hierarchies. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. Vol. 49, no. 10, pp. 1994-1998.
- Hughes, N.F., Reynolds, J.B., 1994. Why do Arctic grayling (*Thymallus arcticus*) get bigger as you go upstream? Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. Vol. 51, no. 10, pp. 2154-2163.
- Humpesch, U.H., 1985. Is there an optimum temperature for hatching success of salmonids and grayling egg?. Österreichs Fischerei. Salzburg. Vol. 38, no. 10, pp. 273-279.
- Jankovič, D., 1964. Synopsis of biological data on European Grayling *Thymallus thymallus* (Linnaeus, 1758). European Inland Fisheries Advisory Commission (EIFAC). Food and Agriculture Organization of the United Nations, Fisheries division, Biology branch. Rome, March 1964.
- Jones, J.W., 1959. The Salmon. Collins, London.
- Jungwirth, M., & H. Winkler, 1984. The temperature dependence of embryonic development of grayling (*Thymallus thymallus*), Danube salmon (*Hucho hucho*), Arctic char (*Salvelinus alpinus*) and brown trout (*Salmo trutta fario*). Aquaculture, vol. 38, no. 4, pp. 315-327, 1984.
- Klein Breteler J.G.P. & G.A.J. de Laak, 2003. Lengte – Gewicht relaties Nederlandse vissoorten. Deelrapport I, versie 2. Organisatie ter

- Verbetering van de Binnenvisserij, Nieuwegein. OVB rapport nummer: OND00074, 13 p
- Koskinen, M. T., E. Ranta, J. Piironen, A. Veselov, S. Titov, T. O. Haugen, J. Nilsson, M. Carlstein and C. R. Primmer, 2000. Genetic lineages and postglacial colonization of grayling (*Thymallus thymallus*, Salmonidae) in Europe, as revealed by mitochondrial DNA analyses. *Molecular Ecology* Volume 9 Issue 10, p 1609.
- Koskinen, M.T., Nilsson, J., Veselov, A.J., Potutkin, A.G., Ranta, E., Primmer, C.R., 2002. Microsatellite data resolve phylogeographic patterns in European grayling, *Thymallus thymallus*, Salmonidae. *Heredity* [Heredity]. Vol. 88, no. 5, pp. 391-401.
- Kraiem, M., & Pattee, E., 1980. La tolerance a la temperature et au deficit en oxygene chez le Barbeau (*Barbus barbus* L.) et d'autres especes provenant des zones piscicoles voisines. Reichenbach-Klinke, H.-H. (ed.). *Arch. Hydrobiol.*, 88(2), 250-261.
- Kratt, L.F., Smith, R.J.F., 1980. An analysis of the spawning behaviour of the Arctic grayling *Thymallus arcticus* (Pallas) with observations on mating success. *Journal of Fish Biology*, 17(6), 661-666.
- Kristiansen, H., Doving, K.B., 1996. The migration of spawning stocks of grayling *Thymallus thymallus*, in Lake Mjosa, Norway. *Environmental Biology of Fish.* 47(1) pp. 43-50.
- Kurlykova, O.B., Makoedov, A.N., 1995. Intraspecific differentiation of Arctic grayling, *Thymallus arcticus*, in Northeast Russia. *Journal of Ichthyology/Voprosy Ikhtiologii*. Vol. 35, no. 9, pp. 220-226; Vol. 35, no. 6, pp.748-752.
- Lohr, S.C., Byorth, P.A., Kaya, C.M., Dwyer, W.P., 1996. High-temperature tolerances of fluvial Arctic grayling and comparisons with summer river temperatures of the Big Hole River, Montana. *Transactions of the American Fisheries Society*. Vol. 125, no. 6, pp. 933-939
- Maitland, P.S. & C.N. Campbell, 1992. *Freshwater fishes of the British Isles*. The New Naturalist, Harper Collins Publishers.
- Mallet, J.P., Charles, S., Persat, H., Auger, P., 1999. Growth modelling in accordance with daily water temperature in European grayling (*Thymallus thymallus* L.). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. Vol. 56, no. 6, pp. 994-1000.
- Mallet, J.P., N. Lamouroux, P. Sagnes & H. Persat, 2000. Habitat preference of European grayling in a medium size stream, the Ain river, France. *Journal of Fish Biology* 56, p 1312-1326.
- Menzies, W.J.M., 1931. *The Salmon*. 2nd edn. Blackwood, Edingburgh. Geciteerd in: Mills, D.H., 1970. *Salmon and Trout: A resource, its ecology, conservation and Management*. Oliver and Boyd, Edingburgh.
- Meyer, L., 2001. Spawning migration of grayling *Thymallus thymallus* (L., 1758) in a northern German lowland river. Zoological Institute, Technical University of Braunschweig Fasanenstr. 3, 38102 Braunschweig FRG *Archiv für Hydrobiologie*. Vol. 152, no. 1, pp. 99-117.
- Mills, D.H., 1970. *Salmon and Trout: A resource, its ecology, conservation and Management*. Oliver and Boyd, Edingburgh.
- Mills, D. (ed.), 1989. *Ecology and Management of Atlantic Salmon*. Dep. Of Forestry and Natural Resources University of Edingburgh. Chapman and Hall, London, New York.

- Mitenev, V.K. & B.S. Shyl'man, 1985. Eco-geographic analysis of the parasites of the European Grayling *Thymallus thymallus* (Thymallidae), in various parts of its range. Journal of Ichthyology. Vol. 24. No 5, 1984.
- Müller, K., 1961. Die Biologie der Äsche (*Thymallus thymallus*) im Lule Älv (Schwedisch Lappland). Zeitschrift für Fischerei. Band X N.F. Heft 1-3, 1961.
- Müller, K., & L. Karlsson, 1983. The biology of the grayling, *Thymallus thymallus* L. in coastal areas of the Bothnian Sea. Aquilo Ser. Zool. 22. p 65-68.
- Nijssen, H., & S.J. de Groot, 1987. De vissen van Nederland. KNNV, Utrecht, 1987.
- Northcote, T.G., 1995. Comparative biology and management of Arctic and European grayling (Salmonidae, Thymallus). Reviews in Fish Biology and Fisheries. Vol. 5, no. 2, pp. 141-194.
- Northcote, T.G., 2000. An Updated Review of Grayling Biology, Impacts, and Management. Peace/Williston Fish and Wildlife Compensation Program, Report No. 211. 24pp plus appendices.
http://www.bchydro.com/pwcp/pdfs/reports/pwfwcp_report_no_211.pdf.
- Nykaenen, M., Huusko, A., 2002. Suitability criteria for spawning habitat of riverine European grayling. Journal of Fish Biology. Vol. 60, no. 5, p 1351-1354.
- OVB, 1985. Cursus vissoorten
- Parkinson, D., Philippart, J., Baras, E. A., 1999. A preliminary investigation of spawning migrations of grayling in a small stream as determined by radio-tracking. Journal of Fish Biology. Vol. 55, no. 1, pp.172-182.
- Pavlov, D.S., V.K. Nezdolii, M.P. Ostrovskii, V.K. Fomin, 2000. Duration of stay, distribution, and migration of the juvenile European grayling *Thymallus thymallus* in the spawning tributary. Journal of Ichthyology. Vol. 40, no. 7, pp. 519-525.
- Persat, H., 1996. Threatened populations and conservation of the European grayling, *Thymallus thymallus* (L., 1758). In: Conservation of Endangered Freshwater Fish in Europe. A. Kirchofer & D. Hefti (eds.). Birkhäuser Verlag Basel/Switzerland.
- Poncin, P., 1994. Field observations on a mating attempt of a spawning grayling, *Thymallus thymallus* with a feeding barbel, *Barbus barbus*. Journal of Fish Biology. Vol. 45, no. 5, pp. 904-906.
- Poncin, P., 1996. A field observation on the influence of aggressive behaviour on mating succes in the European grayling. Journal of Fish Biology. Vol. 48, no. 4, pp.802-804.
- Redeke, H.C., 1941. Pisces (Cyclostomi-Euichthyes), in: Fauna van Nederland, 10:1-331; tevens verschenen als "De vissen van Nederland" ijthof, Leiden).
- Reed, R.J. & J.A.M. McCann, 1971. Total length-weight relationships and condition factors for the Arctic grayling, *Thymallus arcticus* (Pallus), in Alaska. Transactions of the American Fisheries Society. Vol. 100, no. 2, pp. 358-359.
- Schmidt, D., O'Brien, W.J., 1982. Planktivorous Feeding Ecology of Arctic Grayling (*Thymallus arcticus*). Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. Vol. 39, no. 3, pp. 475-482.

- Schoeffmann, J., 1999. The grayling species (Thymallinae) of the three different catchment of Mongolia. Österreichs Fischerei. Salzburg. Vol. 52, no. 2-3, pp. 62-64.
- Schwevers, U., Adam, B., 1999. The effect cormorant (*Phalacrocorax carbo sinensis*) on the fish community of the River Ahr (Rhineland-Palatinum). Österreichs Fischerei. Salzburg. Vol. 51, no. 8-9, pp. 198-210.
- Sempeski, P., Gaudin, P., 1995^a. Habitat selection by grayling -- 1. Spawning habitats. Journal of Fish Biology. Vol. 47, no. 2, pp. 256-265.
- Sempeski, P., Gaudin, P., 1995^b. Habitat selection by grayling -- 2. Preliminary results on larval and juvenile daytime habitats. Journal of Fish Biology. Vol. 47, no. 2, pp. 345-349.
- Shubin, P.N., Zakharov, A.B., 1984. Hybridization between European grayling, *Thymallus thymallus*, and Arctic grayling, *Thymallus arcticus*, in the contact zone of the species. Journal of Ichthyology. Vol. 24, no. 4, pp. 159-162, 1984.
- Shurikhina, L.A., Tugarina, P.Ya., Mednikov, B.M., 1986. Systematics of Thymallidae (Salmoniformes) based on DNA x DNA hybridization. Journal of Ichthyology. Vol. 26, no. 2, pp. 24-29.
- Sikstrom, C.B., 1983. Movements and growth of Arctic grayling (*Thymallus arcticus*) and juvenile Arctic char (*Salvelinus alpinus*) in a small Arctic stream, Alaska. Progressive Fish-Culturist, vol. 45, no. 4, pp. 220-223.
- Suter, W., 1995. The effect of predation by wintering cormorants (*Phalacrocorax carbo* on grayling *Thymallus thymallus* and trout (*Salmonidae*) populations. Two case studies from Swiss rivers. Journal of Applied Ecology. Vol 32, no 1, pp 29-46.
- Thorfve, S., Carlstein, M., 1998. Post-stocking behaviour of hatchery-reared European grayling, *Thymallus thymallus* (L.), and brown trout, *Salmo trutta* L., in a semi-natural stream. Fisheries Management and Ecology. Vol. 5, no. 2, pp. 147-159.
- Uiblein, F., Jagsch, A., Honsig-Erlenburg, W., Weiss, S., 2001. Status, habitat use, and vulnerability of the European grayling in Austrian waters. Journal of Fish Biology. Vol. 59, no. a, pp. 223-247, Dec. 2001.
- Valentin, S., Sempeski, P., Souchon, Y., Gaudin, P., 1994. Short-term habitat use by young grayling, *Thymallus thymallus* L., under variable flow conditions in an experimental stream. Fisheries Management and Ecology. 1(1) pp. 57-65.
- Watson, R. 1999. Salmon, Trout & Charr of the world. A fisherman's Natural history. Swan Hill Press, England
- Wheeler, A., (1992). A list of common and scientific names of fishes of the British Isles. Journal of Fish Biol., 41, Supp. A, 1-37.
- Wolter, C., & R. Arlinghaus, 2003. Navigation impacts on freshwater fish assemblages: the ecological relevance of swimming performance. Reviews in Fish Biology and Fisheries. 13: 63-89.
- Woolland, J.V. & J.W. Jones, 1975. Studies on grayling, *Thymallus thymallus* L., in Llyn Tegid and the upper River Dee, North Wales. Journal of Fish Biology (1975) 7, no. 6, p 749-773.

In deze reeks verschenen:

01. Kennisdocument grote modderkruiper, *Misgurnus fossilis* (Linnaeus, 1758)
02. Kennisdocument Atlantische steur, *Acipenser sturio* (Linnaeus, 1758)
03. Kennisdocument gestippelde alver, *Alburnoides bipunctatus* (Bloch, 1782)
04. Kennisdocument sneep, *Chondrostoma nasus* (Linnaeus, 1758)
05. Kennisdocument pos, *Gymnocephalus cernuus* (Linnaeus, 1758)
06. Kennisdocument Atlantische zalm, *Salmo salar* (Linnaeus, 1758)
07. Kennisdocument forel, *Salmo trutta* (Linnaeus, 1758)
08. Kennisdocument vlagzalm, *Thymallus thymallus* (Linnaeus, 1758)
09. Kennisdocument rivierdonderpad, *Cottus gobio* (Linnaeus, 1758)
10. Kennisdocument riviergrondel, *Gobio gobio* (Linnaeus, 1758)
11. Kennisdocument Europese aal of paling, *Anguilla anguilla* (Linnaeus, 1758)
12. Kennisdocument schol, *Pleuronectes platessa* (Linnaeus, 1758)
13. Kennisdocument snoek, *Esox lucius* (Linnaeus, 1758)
14. Kennisdocument barbeel, *Barbus barbus* (Linnaeus, 1758)
15. Kennisdocument bittervoorn, *Rhodeus amarus* (Pallas, 1776)
16. Kennisdocument snoekbaars, *Sander lucioperca* (Linnaeus, 1758)
17. Kennisdocument diklipharder, *Chelon labrosus* (Risso, 1827)
18. Kennisdocument haring, *Clupea harengus harengus* (Linnaeus, 1758)
19. Kennisdocument kolblei, *Abramis (of Blicca) bjoerkna* (Linnaeus, 1758)
20. Kennisdocument ,winde *Leuciscus idus* (Linnaeus, 1758)
21. Kennisdocument zeebaars, *Dicentrarchus labrax* (Linnaeus, 1758)
22. Kennisdocument karper, *Cyprinus carpio* (Linnaeus, 1758)

Zie de website voor een digitale PDF versie en nieuwe kennisdocumenten
(http://www.sportvisserijnederland.nl/vis_en_water/)



Sportvisserij Nederland
Postbus 162
3720 Ad Bilthoven

