OBN-onderzoek zonnebaars

Mogelijkheden voor bestrijden van een uitheemse invasieve vis

H.H. van Kleef

Stichting Bargerveen

Voor systeemgericht natuurherstel

bosschap

bedrijfschap voor bos en natuur

Ministerie van Economische Zaken,
Landbouw en Innovatie

Bosschap, bedrijfschap voor bos en natuur, juli 2012

© 2012 Directie Kennis en Innovatie, Ministerie van Economische Zaken, Landbouw en Innovatie

Rapport nr. 2012/OBN161-NZBE
Den Haag, 2012

Deze publicatie is tot stand gekomen met een financiële bijdrage van het Ministerie van Economische Zaken, Landbouw en Innovatie.

Teksten mogen alleen worden overgenomen met bronvermelding.

Deze uitgave kan schriftelijk of per e-mail worden besteld bij het Bosschap onder vermelding van code 2012/OBN161-NZBE en het aantal exemplaren.

Oplage	150 exemplaren
Samenstelling	Hein van Kleef (Stichting Bargerveen)
Foto omslag	Paul van Hoof
Druk	Ministerie van EL&I, directie IFZ/Bedrijfsuitgeverij
Productie	Bosschap, bedrijfschap voor bos en natuur
Bezoekadres	: Princenhof Park 9, Driebergen
Postadres	: Postbus 65, 3970 AB Driebergen
Telefoon	: 030 693 01 30
Fax	: 030 693 36 21
E-mail	: algemeen@bosschap.nl

Voorwoord

Het doel van het Kennisnetwerk Ontwikkeling en Beheer Natuurkwaliteit (O+BN) is het ontwikkelen, verspreiden en benutten van kennis voor terreinbeheerders over natuurherstel, Natura 2000, leefgebiedenbenadering en ontwikkeling van nieuwe natuur.

De Noord-Amerikaanse zonnebaars wordt in Nederland geïmporteerd voor vijvers en aquaria. Eenmaal losgelaten in een tuinvijver neemt het aantal zonnebaarzen snel toe. Sommige eigenaren brengen daarop de overtollige vis naar natuurlijke wateren met alle gevolgen van dien.

De zonnebaars decimeert soorten als de bedreigde kleine watersalamander, knoflookpad en de boomkikker waarvan de laatste twee vallen onder de Europese Habitatrichlijn Annex IV. In Noord-Brabant verdween een van de vier vindplaatsen van de knoflookpad door toedoen van de zonnebaars. Ook libelles en vissen worden in grote getallen gegeten door de zonnebaars, evenzo soorten die beschermd worden in de Habitatrichtlijn en de Kaderrichtlijn Water.

In de risicoanalyse van het Team Invasieve Exoten van het ministerie van Economische Zaken, Landbouw en Innovatie (EL&I) wordt het belang van het voorkomen en de bestrijding van de zonnebaars benadrukt.

In het voorliggende rapport wordt in hoofdstuk 5 ingegaan op de verschillende bestrijdingsmethoden. In beekdalen dient u vooral te voorkomen dat de soort zich verspreid, bijvoorbeeld door roosters te plaatsen. In stilstaande wateren kunt u bijvoorbeeld snoek uitzetten. In hoofdstuk 6 vindt u een beheersleutel voor zonnebaars.

Ik sluit mij aan bij de oproep van de onderzoeker: monitor uw maatregelen, zodat andere beheerders van uw ervaringen kunnen leren. U kunt uw bevindingen delen via www.wikinatuurbeheer.nl.

Ik wens u veel leesplezier.

Drs. E.H.T.M. Nijpels
Voorzitter Bosschap

English summary

In recent years the non-native Pumpkinseed sunfish has expanded its range in the Netherlands. It can become the dominant species in a variety of water types, ranging from streams to moorland pools. When the Pumpkinseed is abundant it decimates populations of native invertebrate and amphibian species. In this study we try to identify methods that are suitable for controlling Pumpkinseed numbers by using natural processes. Therefore Pumpkinseed life history (growth, reproduction and survival) was studied in relation to its abundance in connected and isolated waters.

Reproduction of Pumpkinseed sunfish in streams was scarce. Instead Pumpkinseed abundance in streams was found to be mainly determined by the presence of nearby reproduction sites. Measures in stream valleys should focus on minimizing migration between the streams and reproduction sites outside the streams. This should decrease the numbers in the streams and reduce the colonization events. When planning new nature development one should consider the colonization of Pumpkinseeds and thus minimize migration opportunities.

In isolated waters intraspecific competition is an important factor determining Pumpkinseed life history. Increasing abundance results in decreased growth and reproduction. Partial eradiction of Pumpkinseed populations will work the other way around and increase growth and reproduction. So when eradicating the species it is important that all fish are caught, otherwise the population will recover rapidly. This density-dependent mechanism also allows the species to recover relatively rapidly from winter mortality. Predation on juvenile Pumpkinseed appears to be a natural control mechanism. A literature study on the ecology and feeding habits of various piscivorous fish showed that European pike is the most efficient predator of Pumpkinseed. Although when considering introducing Pike as a measure for Pumpkinseed control, one should realize that Pike prefer other fish species over Pumpkinseed as prey.

Two types of other measures for active Pumpkinseed control are discussed. The first one aims at preventing migration. This should prevent the founding of new populations as well as reduce the influx of Pumpkinseed into areas with high natural values that are suboptimal for Pumpkinseed. In addition, differt methods for catching and killing Pumpkinseed are discussed. This includes the use of piscicides and temporary desiccation. The facilitate the choice between different measures a decision support key is given and possible side effects are discussed.

Inhoudsopgave

Dankwoord **7**

Samenvatting **8**

1 Inleiding **10**

1.1 Toename van de zonnebaars in Nederland 10

1.2 Zonnebaars habitat 11

1.3 Impact op andere organismen 12

1.4 Toekomstverwachting van Nederlandse zonnebaars 13

1.5 Beheer van zonnebaarsinvasies 14

1.6 Onderzoeksvragen 14

2 Materiaal en methoden **16**

2.1 Reproductieve status van zonnebaarspopulaties in beken 16

2.2 Sturende factoren en mechanismen in zonnebaarspopulaties 17

2.2.1 Visstandbemonstering 18
2.2.2 Levenscyclus van zonnebaars 19
2.2.3 Omgevingscondities 22
2.2.4 Predatie literatuur 24
2.2.5 Predatie experimenten 24

3 Resultaten **26**

3.1 Reproductieve status van zonnebaarspopulaties in beken 26

3.2 Sturende factoren en mechanismen in zonnebaarspopulaties 28

3.2.1 Variatie in zonnebaarsdichtheden 28
3.2.2 Geprefereerde voortplantingscondities 30
3.2.3 Levenscyclus van de zonnebaars 33
3.2.4 Omgevingscondities 37

3.3 Beken vs. stilstaande wateren 39

3.4 Predatie literatuur 40

3.4.1 Snoek Esox lucius 41
3.4.2 Baars Perca fluviatilis 43

3.5 Predatie experiment 44

4 Discussie en aanbevelingen beheer **46**

4.1 Beekpopulaties 46

4.1.1 Natuurlijke regulatie van zonnebaarsaantallen in beken 46
4.1.2 Maatregelen in beekdalen 46

4.2 Populaties in stilstaande wateren 47

4.2.1 Geprefereerde voortplantingscondities 47
4.2.2 Intraspecifieke concurrentie 48
4.2.3 Sturende omgevingsfactoren 49

4.3 Maatregelen voor bestrijding en controle van zonnebaars in stilstaande wateren 50

4.4 Opbouwen van beheerservaring 55

5 Zonnebaars-sleutel 57

Literatuur 59

Bijlage 1 Ligging van beektrajecten voor nestkuilenonderzoek 63

Dankwoord

Een groot aantal mensen heeft bijgedragen aan dit onderzoek. De bemonsteringen zijn uitgevoerd samen met B. Crombaghs, T. Brouwer en W. Zweep, medewerkers van Bureau Natuurbalans – Limes Divergens. R. Leemans, student aan de Radboud universiteit heeft een belangrijke bijdrage geleverd bij het verzamelen en meten van alle vissen. Bijzondere dank gaat uit naar alle terreinbeheerders die voor dit onderzoek toegang tot hun gebieden hebben verleend: Waterschap De Dommel, Waterschap Roer en Overmaas, It Fryske Gea, Brabants Landschap, Gemeente Uden, Natuurmonumenten, Gemeente Vessem, Gemeente Echt, en Unie van Bosgroepen.

Ik ben G. Copp (Cefas in Lowestoft, Groot-Brittannië) en M. Fox (Trent university, Canada) dankbaar voor hun constructieve input bij de opzet van het onderzoek en de uitleg die zij gaven over de technieken voor het bepalen van zonnebaars life history.

Bijzondere dank gaat uit naar T. Spanings en G. Flik. Zij maakten het mogelijk om meerdere jaren zonnebaarzen te houden op het terrein van de Radboud universiteit en hielpen met het regelen van de ontheffing op de wet voor dierproeven. G. van der Weerden van de Radboud universiteit was zo vriendelijk om zijn jarenlange expertise en ruimte beschikbaar te stellen voor de uitvoering van het predatie-experiment.

Tot slot dank aan J. van Delft, W. Bosman, N. Langeveld en R. van den Burg voor de stimulerende discussies tijdens het project over zonnebaarsbestrijding in Noord-Brabant. Deze hebben zeker een belangrijke rol gespeeld in de gedachtevorming in dit project.

Samenvatting

Gedurende de afgelopen decennia heeft de Noordamerikaanse zonnebaars zich in Nederland sterk uitgebreid. In een verscheidenheid van wateren, variërend van beken tot poelen en vennen gaat de soort domineren en richt daar door predatie op inheemse soorten grote ecologische schade aan. In deze studie is onderzocht wat geschikte methoden zijn om de soort te beheren. Bij de ontwikkeling van maatregelen is zoveel mogelijk gebruik gemaakt van natuurlijke processen en omstandigheden die in het veld de aantallen van de soort kunnen reguleren. Daarbij is onderscheid gemaakt tussen stromende en stilstaande wateren. De populatiedichtheid, groei, voortplanting en overleving van zonnebaars werd in het veld bestudeerd om inzicht te krijgen in sturende processen.

In stromende wateren wordt de omvang van zonnebaarspopulaties, en daarmee ook eventuele schade, vooral bepaald door de aanwezigheid van voortplantingswateren in het stroomgebied van de beek. Beekpopulaties blijken namelijk vooral gevoed te worden vanuit stilstaande wateren die in contact staan met de beek. Een belangrijke maatregel in beekdalen is daarom het beperken van uitwisseling van zonnebaarzen tussen verschillende wateren van het beeksysteem. Door migratie vanuit de voortplantingswateren naar de beek te voorkomen, zullen de aantallen in de beken dalen en worden minder gemakkelijk nieuwe gebieden gekoloniseerd. Ook bij de ontwikkeling van nieuwe natte natuur moet rekening gehouden worden met eventuele kolonisatie door zonnebaars. Daarvoor is het van belang om migratiemogelijkheden minimaal te houden.

In stilstaande wateren blijkt dat zonnebaarzen onderling sterk kunnen concurreren. Daardoor neemt bij toenemende dichtheden de voortplanting en de groei af. Het gevolg is dat als een deel van de populatie zou sterven, de populatieaanwas toeneemt en deze sterfte zeer snel kan worden gecompenseerd. Bestrijding van de soort moet daarom lokaal volledig zijn (uitroeiing) of continu of met enige regelmaat plaatsvinden. Door het vermogen van zonnebaarspopulaties om na grote sterfte snel te herstellen is de soort ongevoelig voor wintersterfte. Zo is door zuurstofgebrek in enkele vennen met een slibbodem een groot deel van de zonnebaarzen gedurende de strenge vorstperiode in de winter van 2009/2010 gestorven. Reeds in de zomer van 2010 werden enorme aantallen jonge zonnebaars aangetroffen in deze vennen. In stilstaande wateren blijken de zonnebaarsaantallen gereguleerd te worden door aanwezige populaties van snoek. Het uitzetten van snoek is dus een kansrijke maatregel voor het onderdrukken van zonnebaarsaantallen, zeker als de aantallen zonnebaars worden verlaagd door middel van bijvoorbeeld afvissing voorafgaand aan het uitzetten van snoek. Snoek bleek tijdens een predatie-experiment de voorkeur te geven aan witvis boven zonnebaars. Dus negatieve effecten op andere vissoorten zijn te verwachten bij het introduceren van snoek.

Daarnaast wordt nog een aantal andere beheersmogelijkheden besproken. Deze zijn te verdelen in twee categorieën. De eerste groep maatregelen is

bedoeld om verspreiding van de soort binnen complexe natuurterreinen te voorkomen. Niet alleen het stichten van nieuwe populaties kan daarmee worden voorkomen. Ook kan door het beperken van migratie tussen wateren die sterk verschillen in reproductie, de dichtheid van zonnebaars worden beperkt in wateren waar de soort zich slecht voortplant.

Dit zijn vaak locaties met een hoge natuurwaarde, die met deze maatregel kunnen worden beschermd. Daarnaast wordt een aantal maatregelen besproken waarmee ongewenste zonnebaarzen worden weggevangen of gedood. Er zijn verschillende manieren om zonnebaarzen te vangen. Daarnaast kunnen pisciciden worden ingezet om de vissen te doden. Let wel op dat chemische bestrijding ook grote ecologische schade kan aanrichten. Tenslotte kan in sommige wateren de frequentie van droogval worden vergroot om sterfte van vissen te vergroten. De keuze van de juiste maatregel is sterk afhankelijk van de lokaal heersende condities. In hoofdstuk 6 is een beslissingssleutel opgenomen, die kan helpen bij het kiezen voor de juiste maatregelen in de verschillende situaties. Elk van deze maatregelen heeft in potentie negatieve bijwerkingen op de natuurwaarden. Deze zijn in detail besproken in hoofdstuk 5.

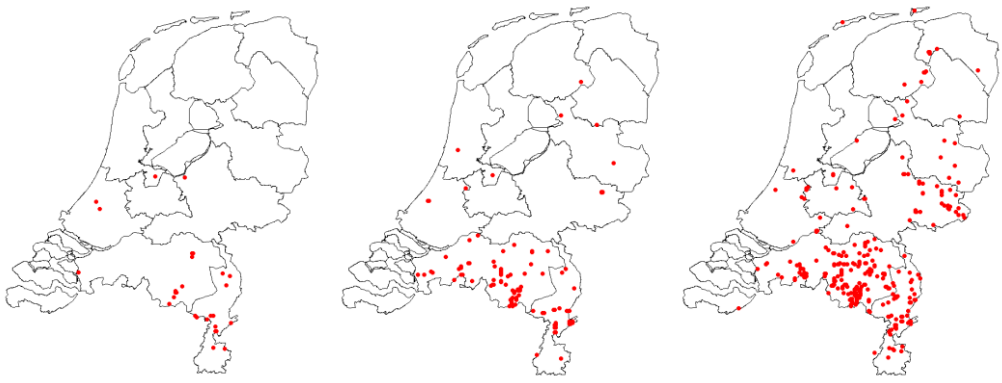
Helaas contrasteert de grote kennis van de zonnebaarsecologie met een zeer gebrekkige ervaring met de beheersing van de soort. Daarom is beheerservaring met de bestrijding van deze en andere uitheemse vissoorten dringend gewenst en dienen de genomen beheersingrepen voldoende geëvalueerd te worden.

1 Inleiding

1.1 Toename van de zonnebaars in Nederland

Vanaf het einde van de 19de eeuw is de zonnebaars (*Lepomis gibbosus*) vanuit Noord-Amerika verscheept naar de uithoeken van de aarde. zonnebaarzen zijn al zo'n 125 jaar in Nederland aanwezig. Aanvankelijk bleef de soort beperkt tot relatief kleine bolwerken in Brabent en Limburg. Echter, de laatste 10 jaar is de soort snel aan het toenemen (fig. 1). Nog steeds zien we dat Noord-Brabant en Limburg met afstand de meeste bezette uurhokken herbergen (tabel 1). In Gelderland is inmiddels echter ook een respectabel aantal bezette hokken genoteerd. Opvallend is de afname die in Noord-Holland is vastgesteld. Ook in Zuid-Holland nam het aantal uurhokken met waarnemingen met één af. Tussen de beide perioden valt vooral de enorme stijging van bezette hokken in Noord-Brabant op (bijna 7 keer zoveel), gevolgd door Gelderland (bijna 5 keer zoveel). Inmiddels heeft de zonnebaars zich in alle provincies gevestigd en lijkt in de meeste toe te nemen. Zelfs op de Waddeneilanden Terschelling en Schiermonnikoog is de zonnebaars gevangen.

Landelijk is sinds 1971 het aantal uurhokken met zonnebaarzen toegenomen van 5 tot 191 – dat is een verveertigvoudiging! Door het aantal waarnemingen van zonnebaars te delen door het totaal aantal waarnemingen van zoetwatervissen kan gecorrigeerd worden voor veranderende waarnemingsinspanning. Nog steeds zien we dan van 1980-1999 tot 1999-2000 een relatieve toename van 285% van het aantal door Zonnebaars bezette hokken.



1996-2000 2001-2005 2006-2011

Figuur 1: Ontwikkeling van de verspreiding van zonnebaars in Nederland (Van Kleef & Van Delft 2012).

De indruk bestaat dat de verkoop van zonnebaarzen grofweg vóór de jaren 90 nog tamelijk kleinschalig plaats vond. Met de opkomst en uitbreiding van

ketens van onder meer tuincentra, werd de verkoop veel grootschaliger van aard en vond deze ook veel beter gespreid over Nederland plaats. Dit lijkt een grote rol gespeeld te hebben in de sterke opmars van de zonnebaars en het verschijnen in alle provincies na 2000. Opzettelijke uitzettingen hebben dus een rol gespeeld bij de vestiging van de soort in het land. Tegenwoordig weet de soort zich echter ook via beeksystemen verder te verspreiden.

Tabel 1: Verandering in aantal door Zonnebaars bezette uurhokken per provincie tussen 1991-2000 en 2001-2011. Hokken op provinciegrenzen, zijn bij alle betreffende provincies meegeteld (Van Kleef & Van Delft 2012).

Provincie	Aantal uurhokken	
	1991-2000	2001-2011
Drenthe	1	4
Flevoland	0	2
Friesland	0	7
Gelderland	5	28
Groningen	2	4
Limburg	23	46
Noord-Brabant	13	99
Noord-Holland	13	3
Overijssel	0	11
Utrecht	2	7
Zeeland	1	2
Zuid-Holland	9	8

1.2 Zonnebaars habitat

De meeste zonnebaarswaarnemingen zijn afkomstig uit beken, maar daar is de soort zelden talrijk. Het is zelfs onduidelijk in hoeverre beekpopulaties zichzelf in stand kunnen houden. Mogelijk worden populaties in beken continue aangevuld door zonnebaarzen die zich hebben voortgeplant in wateren buiten de beken. Dit onderscheid is belangrijk aangezien daardoor het handelingsperspectief voor beekpopulaties wordt bepaald. In dit [project is onderzocht in hoeverre beekpopulaties afhankelijk zijn van populaties andere wateren.

Grote aantallen zonnebaars worden bijna alleen maar aangetroffen in stilstaande en grotendeels geïsoleerde wateren. De soort is vooral bekend uit vennen, poelen en vijvers, en er zijn inmiddels ook waarnemingen uit laagveenwateren bekend. Over het algemeen treden zonnebaarsinvasies dus op in geïsoleerde wateren, zoals vennen en amfibieënpoelen. Vaak komen de vissen in deze wateren terecht door uitzettingen. Een sterke aanwijzing daarvoor is dat geïsoleerde wateren waar zonnebaarzen voor komen, relatief toegankelijk zijn en dicht bij de bewoonde wereld liggen (Van Kleef et al., 2008). Een uitzondering zijn wateren die in beekdalen liggen. Door de aanleg van amfibieënpoelen en natuurontwikkeling in beekdalen, ontstaan beekbegeleidende wateren die bij uitstek geschikt zijn als voortplantingshabitat voor de Zonnebaars. Bij hoge beekwaterstanden staan deze met enige regelmaat in contact met de beek. In het Dommeldal tegen de Belgische grens zijn een aantal jaren geleden een groot aantal poelen

aangelegd, waarvan nu alle poelen die af en toe inunderen bevolkt zijn door zonnebaars. Een ander voorbeeld uit het beekdallandschap is het Haeselaarsbroek. Dit natuurgebied dat eind vorige eeuw is ontwikkeld is een bolwerk van bijzondere libellen en amfibieën. Echter, vanuit de aangrenzende Pepinusbeek hebben zich zonnebaarzen in het gebied gevestigd waarna veel van de bijzondere soorten sterk in aantal zijn afgenomen.

In wateren waarin zonnebaarzen hoge dichtheden bereiken, blijken bijna altijd grootschalige beheeringrepen te zijn genomen (Tabel 2). Maatregelen die vaak gepaard gaan met hoge dichtheden zonnebaars zijn het baggeren van vennen en creëren van wateren ten behoeve van natuurontwikkeling, amfibieënpoelen en zandwinning. De soort lijkt dus op één of andere wijze een voordeel te hebben van het gevoerde beheer. Als gevolg van dergelijke ingrijpende maatregelen veranderen veel factoren, die in theorie de talrijkheid van zonnebaars kunnen beïnvloeden. Wat de precieze trigger is voor dominantie van zonnebaarzen en waarom de soort sterk profiteert van dergelijke sterke verstoringen is onduidelijk en onderdeel van onderhavig onderzoek.

Tabel 2: Dichtheden van zonnebaars in geïsoleerde wateren in relatie tot beheersmaatregelen (Van Kleef et al. 2008).

	Verwijderen organische bodem (N=10)	Nieuw gegraven (N=13)	Plaggen van oevers (N=5)	Geen beheer (N=7)
Talrijk	100%	62%	25%	14%
Frequent		31%		
Zeldzaam		7%	75%	86%

1.3 Impact op andere organismen

Tegenwoordig staat de soort in de top tien van schadelijke invasieve vissoorten (Casal, 2006). Deze dubieuze eer heeft hij te danken aan het brede scala aan ecologische effecten die optreden na een invasie van de soort. Als zonnebaarzen talrijk zijn, kunnen zij aanzienlijke ecologische schade aanrichten. Zo worden bijv. populaties van inheemse ongewervelden met meer dan 80 procent gereduceerd (Tabel 3). Daarnaast worden aan de zonnebaars schadelijke effecten toegeschreven aan inheemse soorten vissen en amfibieën, zoals de knoflookpad, kamsalamander en boomkikker (Welcomme, 1988; Jansen, 2000; Bosman, 2003). Mogelijk kunnen de mannetjes ook schade aanrichten aan begroeiingen van onderwaterplanten. Zij graven namelijk nestkuilen waar de vrouwtjes de eieren in leggen en die door de mannen fel worden verdedigd en vrijgehouden van plantengroei. Tijdens een pilotstudie in het ven "Zwart water" nabij het Vlaamse Turnhout (Ongepubliceerde data Stichting Bargerveen), werd aangetoond dat de nestelactiviteit van mannelijke zonnebaarzen zorgde voor het loswoelen van het zeldzame oeverkruid (*Littorella uniflora*). Echter in dit heideven waren de aantallen van de soort relatief laag en bleek de schade aan de oeverkruidvegetatie tijdelijk. Mogelijk is bij hogere aantallen zonnebaars dergelijke schade permanent.

Ook indirect kan de zonnebaars negatieve effecten hebben op aquatische voedselketens. Zo is er aangetoond dat alleen al de aanwezigheid van

zonnebaars het gedrag, de bouw en voortplanting van de slak *Physa acuta* en de dansmug *Chironomus tentans* negatief kan beïnvloeden (Tomoček et al., 2007). Daarnaast kan de zonnebaars zorgen voor een toename van de watertroebelheid en in de concentraties fosfor en stikstof (Angeler et al., 2002). Aangezien beide stoffen belangrijke voedingsstoffen zijn voor waterplanten, kan de zonnebaars dus bijdragen aan de vermesting van oppervlaktewateren.

Tabel 3: Dichtheden van ongewervelden (aantal individuen/m^2) in wateren zonder en met hoge dichtheden zonnebaars (Van Kleef et al. 2008).

	Zonder zonnebaars (N = 4)	Met zonnebaars (N = 4)
Platwormen (Tricladida) *	13.2 ± 6.1	0.0 ± 0.0
Zoetwaterslakken (Gastropoda)	847.2 ± 458.3	188.0 ± 167.1
Bloedzuigers (Hirudinea) *	11.5 ± 5.1	0.0 ± 0.0
Borstelwormen (Oligochaeta) *	170.7 ± 58.2	5.0 ± 1.5
Spinnen (Araneida)	6.7 ± 6.2	1.5 ± 0.7
Watermijten (Acarina)	107.2 ± 38.4	98.5 ± 13.3
Pisebedden (Isopoda)	34.5 ± 19.5	1.3 ±1.3
Libellen (Odonata) *	40.3 ± 6.7	5.4 ± 4.2
Eendagsvliegen (Ephemeroptera)	49.7 ± 39.3	5.0 ± 2.3
Wantsen (Heteroptera) *	85.7 ± 19.3	8.3 ± 3.7
Slijkvliegen (Megaloptera)	1.2 ± 1.2	0.0 ± 0.0
Waterkevers (Coleoptera)	32.2 ± 17.2	3.0 ± 1.1
Tweevleugeligen (Diptera)		
Pluimmuggen (Chaoboridae)	1.3 ± 1.3	0.0 ± 0.0
Steekmuggen (Culicidae)	0.2 ± 0.2	0.0 ± 0.0
Dansmuggen (Chironomidae) *	560.3 ± 247.5	31.7 ± 5.9
Knutten (Ceratopogonidae) *	44.0 ± 8.0	4.2 ± 1.5
Dazen (Tabanidae)	0.0 ± 0.0	0.2 ± 0.2
Kokerjuffers (Trichoptera) *	25.2 ± 22.3	0.0 ± 0.0
Vlinders (Lepidoptera)	1.3 ± 0.6	0.0 ± 0.0
Totaal *	**2032.2 ± 327.2**	**352.1 ± 8.6**

1.4 Toekomstverwachting van Nederlandse zonnebaars

Na bijna een eeuw van stilte is de zonnebaars begonnen met een opmars in Nederland. Via opzettelijke introducties komt de soort in steeds meer wateren en stroomgebieden terecht. Hij weet zich te handhaven en hoge dichtheden te bereiken in een verscheidenheid aan kleine watertypen en kan zich vervolgens via beeksystemen steeds verder verspreiden. Daarnaast profiteert de zonnebaars van natuurherstel- en natuurontwikkelingsmaatregelen.

Zolang de soort in de handel blijft en een gewilde bewoner van tuinvijvers, kunnen we verwachten dat er zonnebaarzen worden uitgezet in natuurgebieden. Ook op eigen kracht zal de soort zich uit blijven breiden. Dit zal vooral in beekdalen gelden. Naar verwachting levert de combinatie van natuurontwikkeling met waterberging de ideale condities voor een sterke en snelle uitbreiding van de soort: namelijk zowel geschikt voortplantingshabitat als de mogelijkheid voor uitwisseling van vissen tussen verschillende wateren.

1.5 Beheer van zonnebaarsinvasies

Aangezien de komende jaren in toenemende mate problemen van de zonnebaars verwacht kunnen worden, rijst de vraag "Kunnen we er iets tegen ondernemen?". Uit de geringe ervaring die er is, blijkt het bestrijden van uitheemse vissen over het algemeen niet gemakkelijk is. Vaak is het niet mogelijk om alle vissen weg te krijgen en keert het probleem binnen enkele jaren terug. In hoofdstuk 5 wordt een overzicht gegeven van de bestaande praktijkervaring met bestrijding van zonnebaars en andere invasieve uitheemse vissen.

Zonnebaarzen hebben vooral een grote impact op inheemse ecosystemen en soorten als zij in hoge dichtheden voorkomen. Bij lage aantallen zijn de negatieve gevolgen gering. Het is dan ook niet noodzakelijk om beheersmaatregelen te hebben waarmee de soort volledig kan worden uitgeroeid. Het is veel belangrijker om maatregelen te ontwikkelen die ervoor zorgen dat de dichtheden van de soort laag blijven. In de Nederlandse natuur blijken zich omstandigheden voor te doen, waaronder zonnebaarsdichtheden laag blijven (zie bijv. Tabel 2). Kunnen we van deze situaties leren, hoe dat komt en kunnen we die kennis toepassen in het waterbeheer?

1.6 Onderzoeksvragen

In dit onderzoek staan de volgende vragen centraal:

1) Wat is de reproductieve status van zonnebaarspopulaties in beken?

   Het antwoord op deze vraag bepaald in belangrijke mate wat het handelingsperspectief voor een waterbeheerder is, als hij wil voorkomen dat zonnebaarzen een probleem gaan vormen in zijn stroomgebied. Immers als blijkt dat zonnebaars zich goed in de beken zelf kan voortplanten dan zal de soort moeilijk te controleren zijn. Echter als beekpopulaties gevoed worden met migranten uit een beperkt aantal andere wateren, dan bestaan er meer mogelijkheden voor ingrijpen.
   Deze vraag is beantwoord door gericht te zoeken naar territoriale mannetjes, pasgeboren zonnebaarzen en voortplantingswateren die met beken in contact staan.

2) Welke factor(en) beïnvloeden dichtheden van zonnebaarspopulaties?

   Zonnebaarsdichtheden zijn niet overal even hoog. Kennelijk worden zij gereguleerd door natuurlijke processen en omstandigheden. Kennis van hoe aantallen van de soort onder natuurlijke condities gecontroleerd worden, kan worden gebruikt om beheersmaatregelen te ontwerpen.

Het antwoord op deze vraag is verkregen door onderzoek te doen naar de levenscyclus van de zonnebaars in Nederlandse wateren in relatie tot omgevingsfactoren die daarop van invloed kunnen zijn.

3) Welke beheersmaatregelen zijn geschikt om zonnebaarspopulaties op een duurzame wijze te reguleren?

   In deze vraag wordt de kennis uit de voorgaande vragen vertaald naar effectieve beheersmaatregelen.

2 Materiaal en methoden

Het onderzoek bevat feitelijk twee onderdelen. Allereerst dient het onderzoek uit te wijzen in hoeverre zonnebaarspopulaties in beken in termen van reproductie zelfvoorzienend zijn, dan wel worden gevoed met vissen uit populaties in beekbegeleidende wateren (kennisvraag 1). Dit is belangrijk aangezien de hoge connectiviteit en de dimensies van beken het moeilijk maakt maatregelen te nemen ter bestrijding van de zonnebaars, terwijl maatregelen in beekbegeleidende wateren wél haalbaar kunnen zijn.

Het tweede deel van het onderzoek staat in het teken van het ontrafelen van de mechanismen waarmee de omvang van zonnebaarspopulaties wordt gereguleerd (kennisvragen 2 en 3). Dit begint met hypothesevorming op basis van correlatief veldonderzoek en wordt gevolgd door experimenten. De kennis van sturende mechanismen is gebruikt om experimentele maatregelen op te zetten waarmee zonnebaarsvestiging en populatie-uitbreiding kan worden voorkomen en waarmee de soort kan worden bestreden.

2.1 Reproductieve status van zonnebaarspopulaties in beken

Voortplanting van de zonnebaars in beken is vastgesteld op drie manieren.

(1) Nestkuilen van de zonnebaars liggen veelal in ondiep water, op een minerale bodem en zijn tamelijk groot (zie ook paragraaf 4.2.2) en zijn daardoor relatief gemakkelijk te ontdekken vanaf de oever. In stilstaande wateren (poelen, vennen) is het zoeken van nesten een beproefde methode om voortplantende zonnebaarzen te vinden (zie foto 1). Daarom zijn tijdens de voortplantingsperiode (mei/juni) negen beken steekproefsgewijs onderzocht op de aanwezigheid van nestkuilen en territoriale mannetjes. Te voet of per mountainbike zijn van elke beek delen afgezocht naar nestkuilen. De ligging van onderzochte beektrajecten is weergegeven in bijlage 1.

(2) Aangezien de omstandigheden niet altijd gunstig bleken zijn om nesten en vissen te observeren, zijn 15 beektrajecten verspreid over 10 beken op gestandaardiseerde wijze in het voor- en najaar van 2009 bemonsterd. Bemonstering vond plaats met draagbare elektrische visapparatuur en wordt in de volgende paragraaf in detail beschreven. De bemonstering in het voorjaar was gericht om de aanwezigheid van geslachtsrijpe vissen vast te stellen en de najaarsbemonstering was bedoeld om het reproductiesucces te bepalen. Deze bemonsteringen dienden tevens voor de studie naar de mortaliteit, groei en reproductie van de zonnebaars (zie volgende paragraaf).

(3) Ten slotte zijn op topografische kaarten en luchtfoto's potentiële beekbegeleidende voortplantingswateren geïdentificeerd. Ook deze wateren zijn onderzocht op aanwezigheid van nestkuilen. In de meeste gevallen is tevens met behulp van elektrische visapparatuur gezocht naar zonnebaarzen. Indien zonnebaarzen werden aangetroffen is gekeken of de vissen de mogelijkheid hadden om de beek te bevolken bijvoorbeeld tijdens hoge beekwaterstanden of via greppels.

Selectie van de onderzoekslocaties vond plaats op basis van recente verspreidingsgegevens van de zonnebaars in Noord-Brabant en Limburg (visstanddata van Bureau Natuurbalans - Limes Divergens). In alle onderzocht beken zijn tijdens recente inventarisaties (enkele jaren oud) zonnebaarzen aangetroffen. De onderzochte bekentrajecten staan weergegeven in tabel 4.

Foto 1: Nestkuilen van zonnebaars langs de oever van een ven zijn over het algemeen gemakkelijk te ontdekken.

2.2 Sturende factoren en mechanismen in zonnebaarspopulaties

Om de sturende factoren en mechanismen in zonnebaarspopulaties te achterhalen is een correlatief veldonderzoek uitgevoerd naar relaties tussen reproductieve soorteigenschappen, mortaliteit en de condities in de voortplantingswateren.

2.2.1 Visstandbemonstering

Er zijn ca. veertig wateren (poelen, vennen, vijvers en beektrajecten) geselecteerd (Tabel 4). Van deze wateren waren uit eerdere studies verschillende dichtheden van zonnebaars bekend (Van Kleef et al. 2008, visstanddata van Bureau Natuurbalans - Limes Divergens). Deze wateren zijn in het voorjaar en de nazomer van 2009 bemonsterd. Bemonstering vond plaats met behulp van electrovisapparatuur. Hiervoor is gebruik gemaakt van 'Deka 3000' draagbare elektrovisserij-apparaten (batterij: ca. 300-500 V en 3 A aan de 12 V zijde). Bij een elektrobemonstering is al wadend evenwijdig aan de oever een traject afgelegd waarbij gestreefd werd naar een trajectlengte van gemiddeld 260. Na iedere elektrobemonstering is de lengte, breedte en diepte van het afgelegde traject bepaald met een GPS of luchtfoto om de bemonsterde afstand te bepalen. De minimale bemonsteringsafstand van de elektrotrajecten was 25 m, de maximale afstand 600 m. Tijdens de elektrobemonstering werd van elke verdoofde vis de totaal lengte in centimeters bepaald.

Tabel 4: Ligging van de wateren en beektrajecten, waar zonnebaarzen zijn bemonsterd. Tijdens vetgedrukte bemonsteringsdata zijn zonnebaarzen gevangen. Op cursieve data zijn geen zonnebaarzen waargenomen. Trajectlengte geeft de onderzoeksintensiteit weer in aantal meters die tijdens de bemonstering met electrovisapparatuur zijn afgelegd.

Onderzoekslocatie	Coördinaten X	Y	Bemonsteringsdata voorjaar	nazomer	Trajectlengte (m)
Stromende wateren					
Broekbeek	203815	351121	**25.05.09**	**7-9-2009**	300
Kleine Beerze	146249	385914	**19.05.09**	*drooggevallen*	600
Kleine Beerze	146888	384581	**19.05.09**	**8-9-2009**	600
Pepinusbeek	194275	346083	*20.05.09*	*19-08-09*	200
Pepinusbeek	192794	344216	*20.05.09*	*19-08-09*	150
Postbeek	203700	351000	**25.05.09**	*7-9-2009*	335
Postbeek	203100	350000	*25.05.09*	*7-9-2009*	190
Putbeek	192560	348325	**20.05.09**	**19-08-09**	400
Putbeek	192767	348255	*20.05.09*	*19-08-09*	300
Putbeek	196148	345444	*20.05.09*	*19-08-09*	200
Riemer	202900	350900	**25.05.09**	*7-9-2009*	170
Rode beek	205518	350041	**25.05.09**	*26-08-09*	340
Rode beek	204119	349786	*25.05.09*	**25-08-09**	220
Rode beek (oude loop)	204611	349716	*25.05.09*	*25-08-09*	240
Rode beek (stroomopwaarts van hermeandering)	204611	349716	**25.05.09**	**25-08-09**	150
Rode beek (hermeandering)	204001	349932	**25.05.09**	**25-08-09**	450
Rode beek (nieuwe monding)	204001	349932	*25.05.09*	*25-08-09*	20
Rode beek (oude monding)	204001	349932	**25.05.09**	**25-08-09**	50
Run	152110	374263	18.05.09	**8-9-2009**	550
Run	154371	375577	19.05.09	**8-9-2009**	300
Schuttecampsgraaf	204037	351274	**25.05.09**	*7-9-2009*	300
Vlootbeek	192829	350799	*20.05.09*	*20-08-09*	230
Vlootbeek	192874	350696	*20.05.09*	*20-08-09*	600
Stilstaande wateren					
Poel Dommeldal	158648	365736	**18.05.09**	**10-9-2009**	132
Poel Dommeldal	158519	365749	**18.05.09**	*10-9-2009*	112
Grootmeer	150568	382871	**03.07.09**	**8-9-2009**	230
Grote Klotteraard (België)	-	-	**17.06.09**	-	550
Kranenbroekerpoel	191941	346039	**20.05.09**	**7-9-2009**	60
Kranenbroekerven	191998	346032	**20.05.09**	**7-9-2009**	340
Woldersven	160538	378115	**18.05.09**	**10-9-2009**	250
Meeuwven	162872	378037	**18.05.09**	**10-9-2009**	100
Vijver bij gitstappermolen	205528	350082	**25.05.09**	**26-8-2009**	77
Rietven	163534	380518	**19.05.09**	**10-9-2009**	300
Schaapsloopven	161442	373174	**18.05.09**	**10-9-2009**	340
Schoapedobbe	213500	552000	**18.06.09**	-	270
Vijver Bronkhorstsingel, Uden	172010	408894	**25.05.09**	**9-9-2009**	350
Vijver Den Dries, Uden	170737	406907	**29.05.09**	**9-9-2009**	170
Ven Industrielaan, Uden	172688	407821	**29.05.09**	*9-9-2009*	175
Ven Industrielaan, Uden	172718	409511	**29.05.09**	**9-9-2009**	25
Uden sportpark	171961	407067	**29.05.09**	**9-9-2009**	150
Uden vijverlaan	171756	406791	**29.05.09**	**9-9-2009**	290
Zwart Water (België)	-	-	**17.06.09**	-	550

Alle zonnebaarzen die tijdens de bemonstering werden gevangen, zijn verdoofd, gedood en gekoeld getransporteerd naar het laboratorium. Daar werden zij ingevroren voor nadere analyse.

2.2.2 Levenscyclus van zonnebaars

De omvang van populaties wordt bepaald door migratie, voortplantingssnelheid en overleving. Deze aspecten van de levenscyclus van soorten is erg variabel en wordt bepaald door de omgeving waarin de dieren opgroeien. Variatie in deze parameters levert daarmee informatie over de sturende mechanismen die de populatiedichtheden bepalen. Zonnebaarzen worden vooral dominant in wateren die het gehele of een groot deel van het jaar geïsoleerd zijn. Daarom is binnen deze studie migratie buiten beschouwing gelaten en hebben we ons gericht op reproductie en overleving.

Verwerking van verzamelde zonnebaarzen

Op het lab zijn aan elke zonnebaars de volgende zaken gemeten/ handelingen uitgevoerd:

- Totale lengte: lengte gemeten vanaf de punt van de neus tot de punt van de staart, waarbij de staart wordt samengevouwen. Meting op mm nauwkeurig.
- Versgewicht op 0,1 gr nauwkeurig.
- Bij elke vis zijn ca. 10 schubben verzameld van het achterste deel van de vis boven de zijlijn. De schubben zijn gebruikt voor het bepalen van de leeftijd van de vissen (zie verder).
- Elke vis is opengesneden vanaf de anus tot aan de keel. Aan de hand van de ontwikkeling van de gonaden is bepaald of het een onvolwassen vis, een volwassen mannetje of een volwassen vrouwtje is. Bij onvolwassen dieren zijn de gonaden niet ontwikkeld. Bij volwassen vrouwtjes zijn er gerijpte eieren zichtbaar, deze zijn oranje van kleur en goed ontwikkelde gonaden kunnen behoorlijk groot zijn. Volwassen mannetjes hebben kleinere gonaden, die melkwit van kleur zijn. Van de vrouwelijke gonaden is het versgewicht bepaald.

Bepaling van voortplantingssucces en overleving

Op basis van de voorjaarsbemonstering is een schatting gemaakt van de dichtheden van volwassen vrouwelijke zonnebaarzen (aantal/trajectlengte). De nazomerbemonstering geeft informatie over de dichtheden van zonnebaarsbroed (i.e. jonge zonnebaarzen die in het voorafgaande seizoen geboren zijn). Zo kan op basis van beide bemonsteringen een schatting worden gemaakt van het aantal nakomelingen dat per vrouwtje wordt geproduceerd. Wel moet daarbij worden aangenomen dat als gevolg van de voorjaarsbemonstering de dichtheid aan zonnebaarzen niet significant is veranderd.

Daarnaast leveren beide onderzoeksronden informatie over veranderingen in populatieopbouw gedurende het jaar en daarmee inzicht in de overleving van zonnebaars. Aangezien er binnen deze studie geen tijd begroot was voor het volgen van populaties gedurende meerdere jaren, moeten we voor interpretatie van veranderingen in populatieopbouw (met enige voorzichtigheid) aannemen dat de waargenomen patronen jaarlijks vergelijkbaar zijn.

Berekenen van reproductieve investering en conditie

Het gewicht van de vrouwelijke gonaden is een maat voor de hoeveelheid eieren die zij produceren. Het is een gegeven dat vrouwelijke vissen meer eieren produceren naarmate zij groter zijn. Om te corrigeren voor de

lichaamsgrootte van de volwassen vrouwtjes wordt als maat voor de reproductieve investering vaak gebruik gemaakt van de gonadosomatische index (GSI). Deze wordt berekend als het percentage lichaamsgewicht dat wordt ingenomen door gonaden:

GSI (%) = 100 * GW / FW
Waarbij GW: versgewicht van de gonaden, FW: versgewicht van de volwassen vis.

Als maat voor de conditie wordt vaak gebruik gemaakt van het relatieve gewicht van de vissen. Zware vissen zijn in een betere conditie dan lichte vissen. Aangezien het gewicht van vissen toeneemt als ze groter worden, wordt daarvoor gecorrigeerd. de conditie van vissen wordt uitgedrukt als:

K_{LC} = FW / FW'
Waarbij K_{LC}: conditie naar Le Cren (1951), FW : versgewicht van de vis, FW': verwachte versgewicht van de vis

FW' wordt berekend uit de relatie tussen lengte en gewicht van alle gemeten vissen:

$\log_{10}$ FW = -a + b $\log_{10}$ TL
Waarbij FW : versgewicht van de vis, TL: totale lengte.

Leeftijdsbepaling en berekening van groeisnelheid
De leeftijd van baarsachtigen kan worden afgelezen uit de groeipatronen van de schubben. Jaarringen worden gevormd bij de start van het voorjaar, wanneer de vis weer begint te groeien na de winterrust (Foto 2).

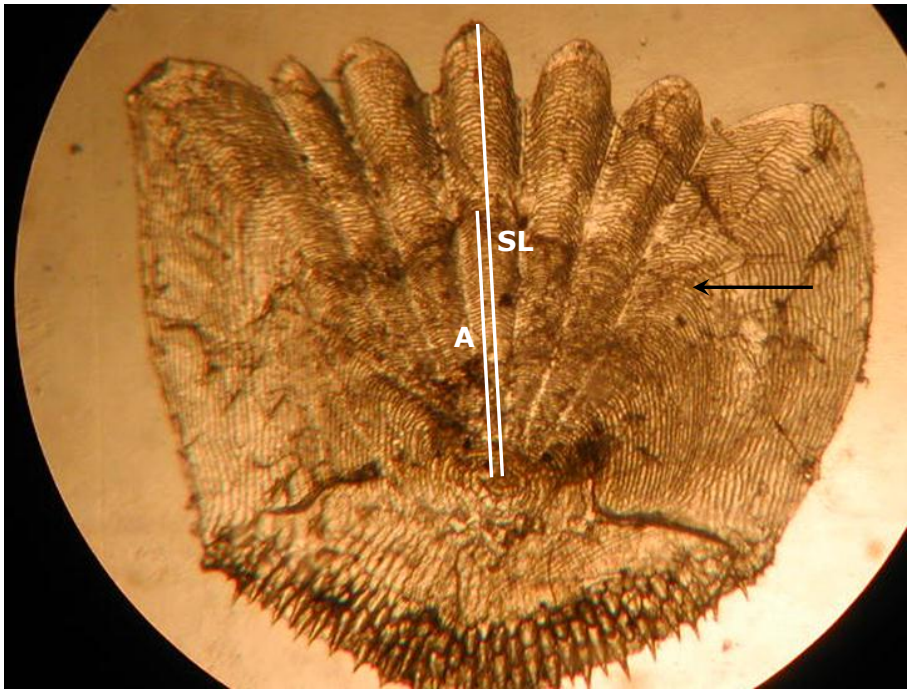


Foto 2: Schub van een baarsachtige (Perca flavescens). Bij de pijl is een jaarring (annulus) te zien. Deze is o.a. te herkennen aan een plotselinge verwijding van de ruimte tussen de groeiringen. De afstanden A en SL worden gebruikt bij het berekenen van de lengtegroei van de vis.
De schubben zijn afgelezen op een microfiche-projector. De leeftijd is bepaald aan de hand van het patroon van groeiringen (circuli). Een annulus

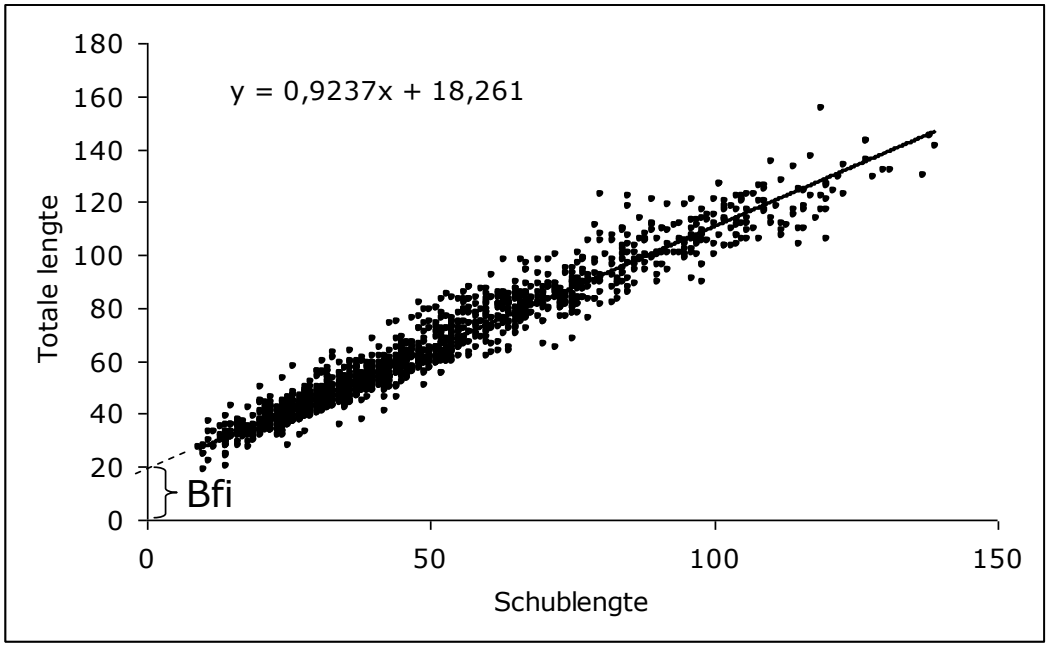
(jaarringen) is meestal herkenbaar aan hyaline (wit gekleurde) onderbrekingen in het patroon van concentrische ringen, een plotselinge verwijding van de ruimte tussen de circuli en aan het samensmelten van circuli.

Als de locatie van de jaarringen is bepaald, is de afstand gemeten van de origin tot aan elke jaarring (A in foto 2). Dit werd gedaan langs een lijn die zoveel mogelijk loodrecht op de achterrand van de schub staat en die midden tussen twee radiale patronen in zit. Tevens is de totale lengte van de schub (origin tot rand, SL in foto 2) langs dezelfde lijn bepaald. Door deze metingen te koppelen aan de lengtemetingen van de vissen, kan op basis van de schubgroei de lengte van de vissen op verschillende leeftijden worden berekenend. Dat gebeurde met de volgende formule:

$$Length\ at\ age_x = (TL - bfi) * \left(\frac{A_x}{SL}\right) + bfi$$

Waarbij TL: totale lengte, bfi: snijpunt van de relatie SL en TL op Y-as, SL:totale schublengte, A: afstand origin tot annulus.

De formule gaat uit van een rechtlijnig verband tussen schubgroei en lengtegroei (Figuur 2). Deze berekening houdt er rekening mee dat de schubben niet meteen bij de geboorte worden aangelegd, maar pas als de vis ongeveer 18,3 mm groot is (bfi).



Figuur 2: Relatie tussen lichaams- en schublengte van zonnebaarzen (N = 1372).

De gemiddelde leeftijd waarop vrouwelijke zonnebaarzen geslachtsrijp worden is berekend uit het percentage volwassen vrouwen uit elke leeftijdsklasse volgens Fox (1994):

$$\alpha = \sum_{x=0}^{w}(x)\left[f(x) - f(x-1)\right]$$

Waarbij α is de gemiddelde leeftijd bij volwassenheid, x is de leeftijd in jaren, f(x) is het aandeel vissen dat volwassen is op leeftijd x, en w is de maximum leeftijd in de steekproef.

Een aangepaste versie van deze formule is gebruikt om de gemiddelde totale lengte bij volwassenheid te bepalen. Daarbij is in plaats van leeftijdsklassen gebruik gemaakt van lengte-intervallen van 10 mm (Trippel & Harvey, 1987; Fox & Crivelli, 2001)

2.2.3 Omgevingscondities

Naast informatie over de reproductie en mortaliteit van de zonnebaars is op de onderzoekslocaties een breed scala aan andere parameters vastgelegd. De volgende omgevingsfactoren zijn gemeten:

Chemische samenstelling van het oppervlaktewater

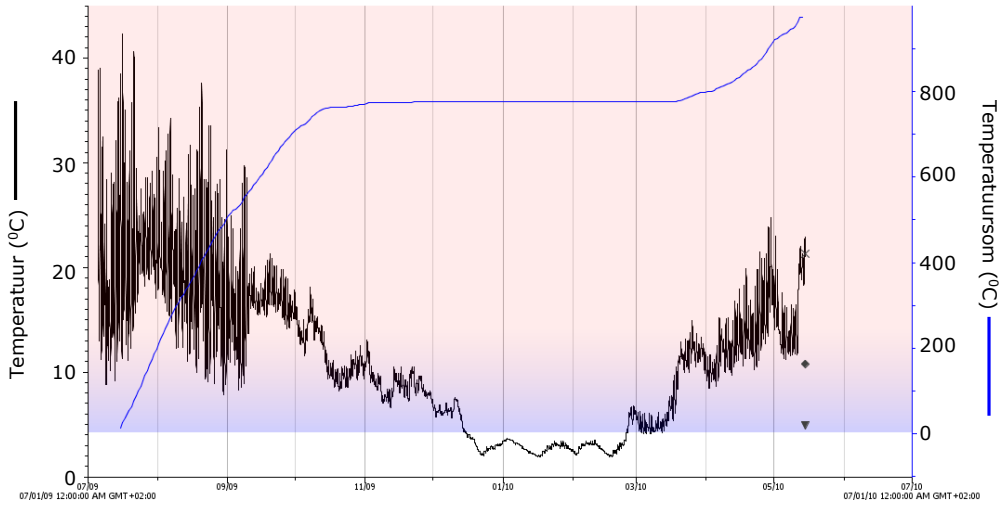
In juni 2009 is op elke locatie waar zonnebaars is aangetroffen een watermonster genomen. Een monster in een polyethyleen fles van 1 l is verzameld voor het bepalen van de turbiditeit. Een kleiner monster van 100 ml is verzameld voor bepaling van o.a. pH, alkaliniteit, turbiditeit ortho-fosfaat, ammonium, nitraat, sulfaat en aluminium.

Temperatuur

In juli 2009 zijn 30 dataloggers geplaatst op verspreid over de veldlocaties. De gebruikte dataloggers waren van het type "HOBO Pendant Water-Resistant Temperature Data Loggers". Zij werden ingesteld om elk half uur een meting te verrichten en op te slaan. De loggers werden op een hoogte van 5-10 cm boven de onderwaterbodem bevestigd aan een grote roestvrijstalen haring. Zowel haring als logger bevonden zich geheel onderwater om diefstal te beperken. De locatie werd ingemeten met een GPS. Indien mogelijk (vooral in de beken) werd de haring met een metaaldraad aan de oever bevestigd, zodat deze gemakkelijker teruggevonden kon worden.

In wateren waar regelmatig gemaaid werd, zoals in de meeste beken, werd de beheerder geïnformeerd over de aanwezige dataloggers. Coördinaten en gedetailleerde kaarten werden verstrekt om de plaats van de loggers te communiceren naar de waterbeheerders. Zij werden verzocht deze locaties tijdens het onderhoud te ontzien. Helaas bleek na afloop van de meetperiode toch een groot deel van de dataloggers uitgemaaid te zijn en zijn minimaal zes loggers op deze wijze verloren gegaan. Vermoedelijk zijn een paar loggers gestolen of om onbekende redenen verloren gegaan. In totaal konden 18 loggers teruggevonden worden. Gelukkig waren dit met name de loggers van stilstaande wateren, waarvan ook de meeste zonnebaarsdata verzameld zijn. In eerste instantie was het de bedoeling om de loggers gedurende een heel jaar in het veld te laten. Echter, in het voorjaar van 2010 was er een langdurige droge periode en begonnen veel vennen droog te vallen. Om te voorkomen dat de loggers door recreanten gevonden en gestolen zouden worden is half mei 2010 besloten om de dataloggers op te halen.

Voor de analyses zijn de temperatuurdata voor de periode 15 juli 2009 tot 1 mei 2010 omgerekend naar een temperatuursom (Figuur 3). Daarbij is een ondergrens gekozen van 10^0 C omdat onder deze temperatuur vissen vrijwel niet groeien.



Figuur 3: Voorbeeld van gelogde temperatuurdata in een poel in het Dommeldal. De zwarte lijn geeft de metingen weer die elk half uur zijn genomen. De blauwe lijn geeft de temperatuursom weer voor de tijd dat de temperatuur boven de 10 ^{0}C lag.

Bodemsubstraat, vegetatiebedekking en dimensies
Zonnebaarzen planten zich voort langs de oevers van waterlichamen. De hoge dichtheden die in gebaggerde vennen en gegraven poelen worden aangetroffen, kunnen erop wijzen dat voortplantingscondities sturend werken op de populatieontwikkeling. Daarom is in juli 2009 van alle locaties vastgelegd wat de bodemcondities en oeverdimensies zijn. Het oeverprofiel, vegetatiebedekking en bodemsubstraat is langs transecten vastgelegd. Daartoe werd een touw gespannen waarin elke meter een knoop was gelegd. In beken werd elke 50 m. een dwarsdoorsnede beschreven. Daar was de transectlengte gelijk aan de breedte van de beek. In de andere wateren werden loodrecht op de oever 4 tot 7 (afhankelijk van de omvang en variatie van het water) transecten opgemeten. Hier liepen de transecten door tot een waterdiepte van ca. 90-110 cm. en hadden een maximale lengte van 30 m.

Langs elk transect werd elke meter met een meetlat de diepte van de waterlaag en de dikte van de organische laag bepaald. Tevens werd in een straal van een halve meter rondom de meetlat een schatting gemaakt van het percentage bodem dat bedekt werd door verschillende bodemsubstraten (organisch, zand, grind en stenen) en verschillende plantengroeivormen (submers, drijvend, emergent en vegetatieloos).

Detailonderzoek aan nestkuilen
Om uit de hierboven beschreven data van de oeverzones de beschikbaarheid van geschikt voortplantingshabitat te kunnen berekenen, is het onderzocht onder welke condities mannelijke zonnebaarzen nesten graven. Daarvoor werd van 89 random gekozen nesten de diameter, waterdiepte en nestdiepte gemeten. Ook werd opgemeten hoe dik de sliblaag was op de plaats waar het nest was gegraven. Daarnaast is een schatting gemaakt van de

zonnebeschijning in percentage daguren zonder beschaduwing en slibbedekking in een straal van een meter rond het nest.

Geschikt voortplantingshabitat is beschreven in termen van waterdiepte en slibdikte waarbij zonnebaarzen nog nestelen. Vervolgens zijn de habitatbeschrijving langs de transecten (vorige paragraaf) omgerekend naar percentage oeveroppervlakte dat geschikt is voor zonnebaarsreproductie. Daarbij is een maximale waterdiepte van 40 cm. en maximale slibdikte van 6 cm. gehanteerd (zie paragraaf 4.2.2).

Concurrenten en predatoren
Tijdens de elektrobemonstering werd van elke verdoofde vis de totaal lengte in centimeters bepaald. Met behulp van gepubliceerde lengte-gewicht relaties (Klein Breteler & De Laak 2003) is van de bemonsterde vissen het gewicht berekend. Voor een aantal soorten waren geen formules voorhanden om de totaallengte om te rekenen naar biomassa. Voor deze soorten is de lengte-gewicht relatie van gelijkende soorten gebruikt. De formule van driedoornige stekelbaars is overgenomen van de tiendoornige stekelbaars, bittervoorn, vetje, elrits, blauwband zijn overgenomen van blankvoorn, sneep is overgenomen van barbeel en de formule voor dwergmeerval van Europese meerval. Deze gewichtdata zijn omgerekend naar biomassa/trajectlengte. Vervolgens zijn de vissoorten verdeeld in 3 groepen:

- Potentiële predatoren van zonnebaars: Snoek, baars, kopvoorn, beekforel en Amerikaans dwergmeerval
- Indifferente groep: beekprik
- Potentiële voedselconcurrenten van zonnebaars: alle andere vissoorten

2.2.4 Predatie literatuur
Uit de eerste fase van het onderzoek bleek dat snoeken een mogelijke rol kunnen spelen in het controleren van zonnebaarsaantallen. Om dat te bevestigen en te bepalen of het uitzetten van roofvis een realistische maatregel is, is een korte literatuurstudie uitgevoerd. Aangezien baars, ook vaak genoemd wordt als mogelijke predator van zonnebaars is deze soort ook meegenomen in de literatuurstudie.

Er is gezocht naar literatuur om de volgende vragen te beantwoorden:

- Wordt de zonnebaars gegeten door inheemse roofvissen?
- Wordt zonnebaars als prooi geprefereerd boven andere vissoorten?
- Hoe snel wordt zonnebaars gegeten door snoeken?
- Kan predatie op andere prooigroepen verwacht worden en hoe verhoudt deze zich tot de predatie door zonnebaars op deze groepen?
- Welke eisen stellen de roofvissoorten aan de wateren waarin zij worden uitgezet?

Belangrijke bronnen waren Laak & Emmerik (2006), Paat (1988) en Thorpe (1977).

2.2.5 Predatie experimenten
Een experiment is opgezet om (1) een inschatting te kunnen maken van de efficiëntie waarmee snoek gebruikt kan worden om dichtheden van zonnebaars te beperken en (2) om te onderzoeken of snoeken een voorkeur hebben voor zonnebaars over andere inheemse vissoorten. Op het terrein van de Radboud Universiteit zijn zeven wateropslagtanks geplaatst. De tanks

(Foto 3) hebben een doorsnede van 273 cm. en een hoogte van 150 cm. Een watertank bestaat uit 6 gebogen golfplaten van roestvrijstaal, die met een groot aantal bouten aan elkaar bevestigd zijn. De binnenzijde is bekleed met vilt en een dikke laag waterdicht zeil. Als aankleding is in elke tank een stuk hout en een stuk PVC-pijp geplaatst. Voor de zuurstof voorziening worden de tanks belucht met een luchtpomp van het type Kinshi Air Pump 75. Om ervoor te zorgen dat de vissen zich continue onder goede condities bevonden is wekelijks de waterkwaliteit bijgehouden door de gehaltes aan ammonium en nitriet, pH, temperatuur en zuurstof te meten.

Eén tank is gebruikt om zonnebaarzen en blankvoorns in te houden. Deze dienden als voer voor de snoeken tijdens het experiment. In elke van de zes overige tanks is een snoek geplaatst van een jaar oud. De snoeken hadden een gemiddelde lengte van 38,0 cm. De snoeken zijn gekocht bij viskweker Peskens in Duitsland (Mönchengladbach-Wickrath), aangezien in Nederland geen snoeken meer gekweekt worden (pers. med. J.A.N van Mechelen Viskweekcentrum Valkenswaard). Na transport kreeg elke snoek enkele dagen de tijd om te wennen aan het nieuwe verblijf. Aan de tanks werden 10-15 zonnebaarzen en een gelijk aantal blankvoorns toegevoegd als voedsel. Na 35 dagen is geteld hoeveel prooidieren zich nog in de watertanks bevonden. Op deze wijze is de voedselvoorkeur van snoek bepaald door te meten met welke type prooi het snelste in aantal afnam. Tevens kon zo worden bepaald hoe efficiënt snoek zonnebaarsaantallen kan onderdrukken.

Foto 3: Opstelling voor het predatie-experiment. Om opwarming van de tanks te beperken zijn ze bekleed met witte folie.

3 Resultaten

3.1 Reproductieve status van zonnebaarspopulaties in beken

In negen beken is onderzocht in hoeverre beekpopulaties in stand worden gehouden door voortplanting van zonnebaarzen in de beek of in beekbegeleidende wateren. Daarvoor zijn de beken visueel geïnspecteerd op nestkuilen, is bemonsterd op de aanwezigheid van broed en is gezocht naar alternatieve voortplantingswateren.

Het zoeken naar nestkuilen bleek moeilijk te verlopen. Een enkele keer werd een kuil waargenomen, die op basis van afmetingen en ligging (zie ook paragraaf 4.2.2) gemaakt zou kunnen zijn door een zonnebaars (Tabel 5). Echter bij geen van deze kuilen werden ook territoriale mannetjes aangetroffen. De verdachte kuilen betroffen dus waarschijnlijk slechts onregelmatigheden in de beekbodem. In stilstaande wateren is deze methode geschikt voor het vinden van voortplantende zonnebaarzen. Echter in beken blijkt deze methode aanzienlijk minder geschikt te zijn. Begroeiing in de beek en troebel water maakten het vaak lastig om de beekbodem goed af te speuren. Tevens zijn in de beken de dichtheden van zonnebaarzen veel lager dan in de meeste stilstaande wateren waardoor ook de trefkans van een nestkuil veel lager is.

In het voorjaar zijn de beken onderzocht op het voorkomen van volwassen vrouwtjes: vrouwelijke zonnebaars met ontwikkelde gonaden. In de Vlootbeek en Pepinusbeek werden helemaal geen zonnebaarzen aangetroffen (Tabel 4) en in de Schuttecampsgraaf, Riemer, Postbeek en Riemer alleen mannelijke en onvolwassen exemplaren. Volwassen vrouwtjes werden wel aangetroffen in de Broekbeek, Rode Beek, Kleine Beerze en de Run. Dit bleken ook de beken te zijn waar tijdens de nazomerbemonstering juveniele zonnebaarzen werden aangetroffen (Tabel 5). Alleen in de Broekbeek werden in het najaar geen juvenielen gevangen. In de Rode beek betrof het een enkel exemplaar, waarvan het aannemelijk is dat deze afkomstig is van de grote populatie in de vijver bij de Gittenstappermolen. Doordat water uit de molenvijver over een stuw stroomt, kunnen de vissen uit de vijver gemakkelijk in de beek terecht komen. Zo bevond bijna 75% van alle zonnebaarzen, die tijdens de voorjaarbemonstering in de Rode beek waren waargenomen, zich direct onder de stuw van de molenvijver (Foto 4). De aantallen juvenielen in de Kleine Beerze en Run waren met gemiddeld 12-13 exemplaren per 100 meter beek behoorlijk groot en zijn een goede indicatie voor reproductie in de beek zelf. Dit wordt verder ondersteund doordat we voor de Run, geen alternatieve voortplantingswateren gevonden hebben.

Tabel 5: Indicaties van voortplanting van zonnebaarzen in de onderzochte beekdalen.

Beek	Interne reproductie			Externe reproductie	
	Volwassen vrouwen (aantal/100 m beek)	Nestkuilen	Juvenielen aangetroffen (aantal/100 m beek)	Begeleidende reproductiewateren	
Broekbeek (L)	0,7		0	Turfkoelen	204.09 / 351.56
Schuttecampsgraaf (L)	0		0	Turfkoelen	204.09 / 351.56
Putbeek (L)	0	**	0	Turfkoelen	204.09 / 351.56
Postbeek en Riemer (L)	0		0	Nabijgelegen plas	203.15 / 350.80
Pepinusbeek (L)	0		0	Haeselaarsbroek	192.30 / 342.50
				Poel	191.95 / 342.05
Rode Beek (L)	2,3		0,1	Gittenstappermolen	205.53 / 350.08
Vlootbeek (L)		***	0	Poel	191.87 / 348.69
				Poel	192.16 / 348.99
Kleine Beerze (B)	0,3	*	12,0	Poel	148.27 / 375.89
Run (B)	0,4		10,5		

*: waarneming van verdachte kuil, die waarschijnlijk geen nestkuil is vanwege afwezigheid van territoriale man.

Foto 4: De zonnebaarspopulatie in de vijver bij de Gittenstappermolen watert over een stuw af op de Rode beek.

In geen van de onderzochte Limburgse beken zijn tekenen aangetroffen die duiden op voortplantende zonnebaarzen in de beken zelf. Elk van de Limburgse beken blijkt met enige regelmaat in contact te staan met andere wateren (poelen, vijvers, ed.) waarin zonnebaarspopulaties voorkomen. Echte Limburgse beekpopulaties lijken dus niet te bestaan, aangezien zonnebaarzen die in de beken worden waargenomen hoogstwaarschijnlijk afkomstig zijn uit deze beekbegeleidende voortplantingswateren. Waarschijnlijk spelen de beken wel een belangrijke rol als migratiecorridor voor de verdere verspreiding van zonnebaarzen.

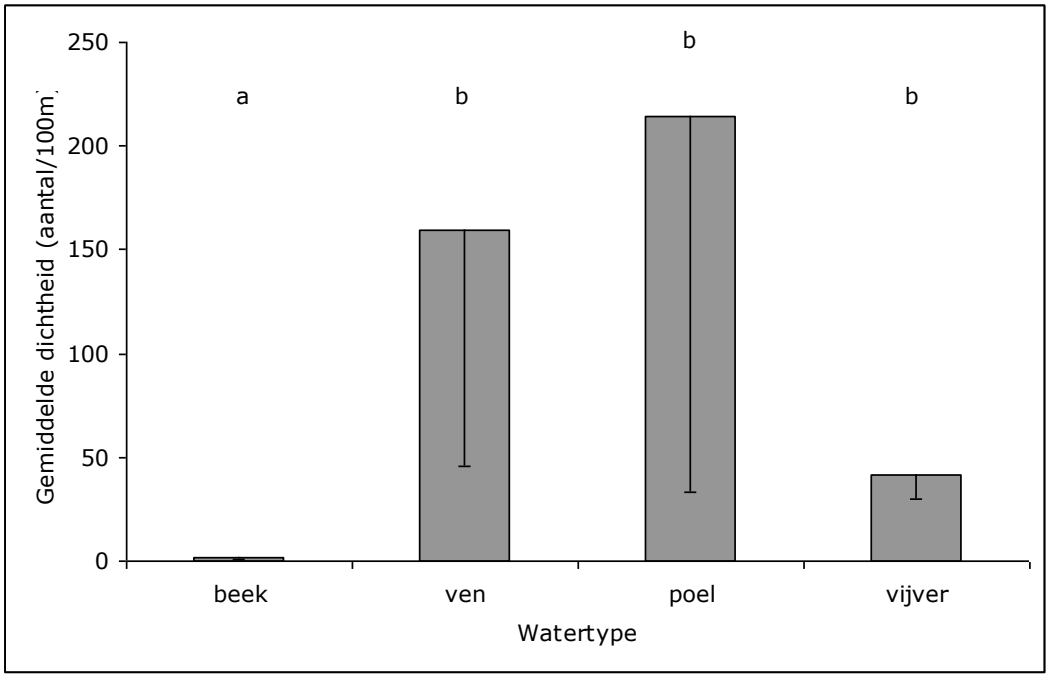
De voortplantingswateren buiten de beken hebben verschillende functies. Naast een visvijver en een molenvijvers betreft het een moerasbos met openwater (de Turfkoelen) en verschillende natuurontwikkelingsgebiedjes (o.a. het Haeselaarsbroek) (Foto 5).

Foto 5: Perceel met natuurontwikkeling en poelen langs de Vlootbeek. In dit gebiedje zit een grote populatie zonnebaarzen. Tijdens natte perioden komen zonnebaarzen via slootjes in de beek terecht.

3.2 Sturende factoren en mechanismen in zonnebaarspopulaties

3.2.1 Variatie in zonnebaarsdichtheden

In het voorjaar van 2009 zijn 23 beektrajecten en 19 stilstaande wateren onderzocht op het voorkomen van zonnebaars. In de stilstaande wateren werd de soort op alle locaties aangetroffen. In bijna de helft van de beeklocaties (48%) werden geen zonnebaarzen aangetroffen, ook al was de soort daar enkele jaren eerder in redelijk aantallen gevangen (Ongepubl. data Bureau Natuurbalans). De aantallen in beken blijken dus minder stabiel dan in stilstaande veelal geïsoleerde wateren. Tevens zijn de dichtheden in de onderzochte beektrajecten gemiddeld lager dan in de verschillende typen stilstaande wateren (Figuur 4). Dichtheden van zonnebaars in vennen, poelen en vijvers varieerden sterk binnen de drie watertypen van 0,6 tot 1288 exemplaren per 100 meter bemonsterd traject. De hoogste dichtheid werd aangetroffen in een ondiep vennetje aan de rand van het dorp Uden (Foto 6). Onderling verschilden de stilstaande watertypen niet in gemiddelde zonnebaarsbezetting (figuur 4). De oorzaken voor deze grote variatie in dichtheden is verder bestudeerd in paragraaf 4.2.3.



Figuur 4: Gemiddelde zonnebaarsdichtheden (- SE) in verschillende watertypen. Dichtheden zijn uitgedrukt als aantal gevangen vissen per 100 meter bemonsterd waterlichaam. Verschillende letters boven de kolommen geven statistisch significante verschillen weer (Mann-Whitney U test).

Foto 6: In een klein vennetje langs de Industrielaan in Uden werden enorme dichtheden zonnebaars aangetroffen.

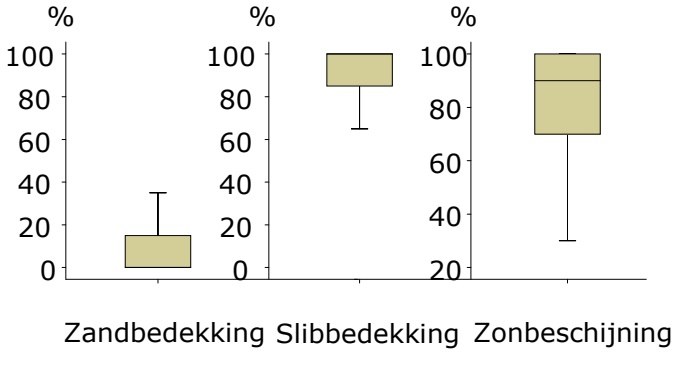
3.2.2 Geprefereerde voortplantingscondities

Het voorkeurssubstraat waarop zonnebaars eieren afzet staat beschreven als onderwaterbodem onder waterplanten tot een maximale diepte van 30 cm

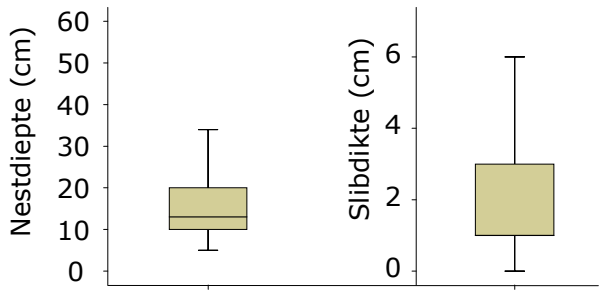
(Sportvisserij Nederland, 2006). Daarnaast bestaat de nestelplaats volgens Danylchuk & Fox (1996) uit een harde ondergrond en een zacht substraat zou worden vermeden. Het wordt echter uit de literatuur niet goed duidelijk hoe scherp de grens is tussen hard en zacht substraat en of een dunne laag zacht substraat op een harde ondergrond ook nog volstaat. Die informatie is echter wel belangrijk om te kunnen bepalen in hoeverre in wateren geschikt voortplantingshabitat beschikbaar is. Aangezien tijdens dit onderzoek een groot aantal door zonnebaars bezette wateren is bezocht, was het relatief gemakkelijk om zelf vast te leggen onder welke condities nesten worden gegraven.

Nestlocatie
Veruit de meeste zonnebaarzen nestelden op een bodem bedekt door slib (gemiddelde slibbedekking 86% en zandbedekking 14%, Figuur 5). Al hoewel de meeste nesten op zongeëxponeerde oevers lagen, waren er ook redelijk veel nesten die voor een groot deel van de dag in de beschaduwd zijn. De mate van zonbeschijning lijkt een representatieve afspiegeling te zijn van de beschijning van een gemiddelde oever en dus niet een preferentie van de zonnebaars.

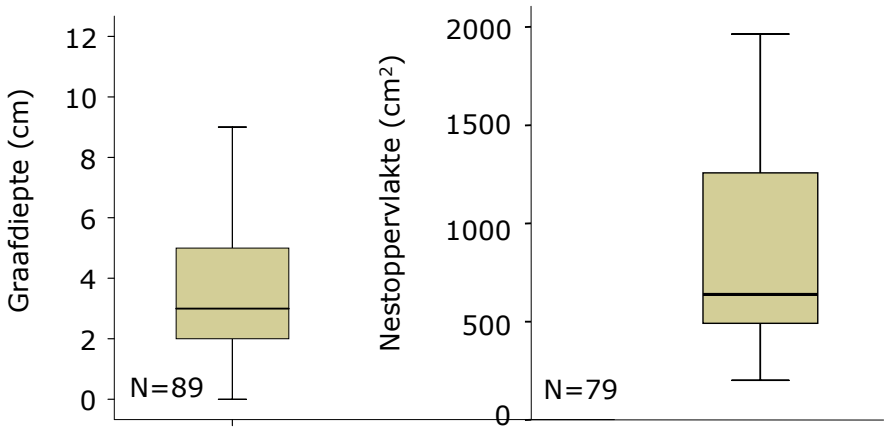
Nesten werden gegraven tot een maximum van 53 cm en een slibdikte van maar liefst 7 cm. Veruit de meeste nesten lagen echter in water van minder dan 40 cm diep en bij een slibdikte van minder dan 6 cm. Dat wijkt dus af van de waarden die in de literatuur gerapporteerd worden. Binnen deze maxima bestaat wel een voorkeur voor zeer ondiep water met een geringe slibdikte (Figuur 6).



Figuur 5: Slib- en zandbedekking en zonbeschijning van zonnebaars nestkuilen (N=89). Weergegeven zijn mediaan, 50%- en 95%-intervallen.



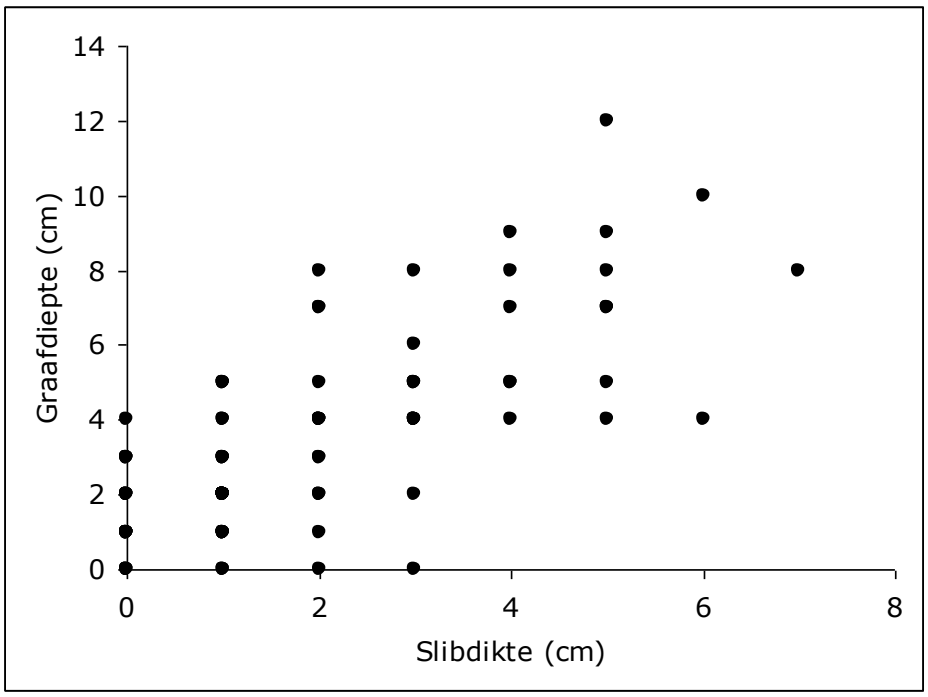
Figuur 6: Waterdiepte en slibdikte waarbij zonnebaarzen nestkuilen graven (N=89). Weergegeven zijn mediaan, 50%- en 95%-intervallen.



Figuur 7: Graafdiepte en oppervlakte van zonnebaars nestkuilen. Weergegeven zijn mediaan, 50%- en 95%-intervallen.

Nestdimensies

De nesten die de mannelijke vissen graven waren gemiddeld 3,5 cm diep en hadden een gemiddelde oppervlakte van 10 dm^2 (Figuur 7). De maxima lagen echter aanzienlijk hoger met een nestdiepte van 12 en oppervlakte van 44 dm^2. Naarmate de nesten dieper worden lijkt ook de oppervlakte toe te nemen (Spearman's rho correlatie, P=0,061). Nestoppervlakte was niet gecorreleerd met zand- of slibbedekking en slibdikte. Nestdiepte nam toe met toenemende slibbedekking en slibdikte en af met toenemende zandbedekking, (P=0,000). Het sterkste verband werd gevonden tussen nestdiepte en slibdikte (Figuur 8). De mannetjes doen dus erg hun best om nesten te graven die dieper zijn, dan de sliblaag. Gemiddeld zijn de nesten 1,6 cm dieper dan het omringende slib.



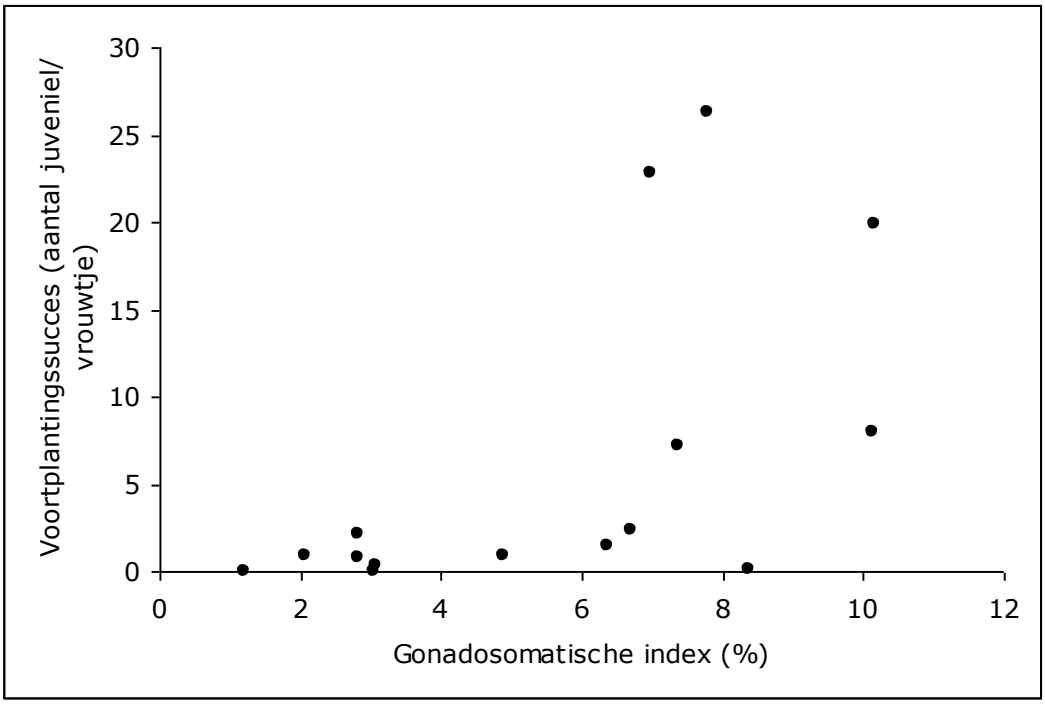
Figuur 8: Relatie tussen graafdiepte van zonnebaars-nestkuilen en dikte van het slib (N=89).

3.2.3 Levenscyclus van de zonnebaars

Vissen vertonen een grote plasticiteit in de manier waarop zij hun levenscyclus voltooien. Van plek tot plek kunnen groeisnelheid, eiproductie, snelheid van ontwikkeling tot volwassen vis, jaarlijkse overlevingskansen en conditie sterk verschillen. Deze variatie in levenscyclusonderdelen/ eigenschappen levert informatie over de leefomgeving van een vis. In de volgende paragraaf wordt de variatie in eigenschappen bestudeert in 19 zonnebaarspopulaties. Om een verband te kunnen leggen met de dichtheden waarin de soort voorkomt in deze wateren, is er voor gekozen om de studie te beperken tot stilstaande wateren. Zodoende kan migratie worden uitgesloten.

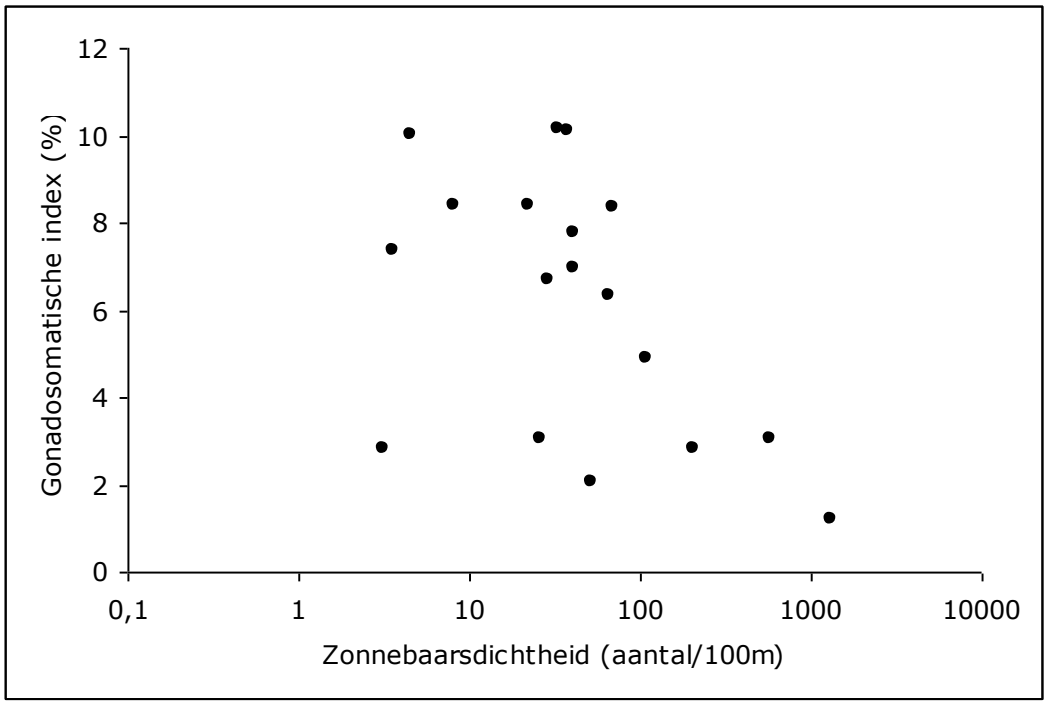
Reproductieve investering en voortplantingssucces

Volwassen vrouwelijke zonnebaarzen die in mei/juni verzameld zijn, bevatten gonaden die gemiddeld 6.14% van het lichaamsgewicht in namen. Dit percentage wordt ook wel de gonadosomatische index genoemd, afgekort GSI. Daarbij kwamen flinke uitschieters voor. De laagste waargenomen gemiddelde GSI was 1,2% en de hoogste was 10,1%. De GSI bleek ook goed te correleren met het geschatte aantal jongen dat per vrouwtjes werd geproduceerd (Spearman's Rho P=0,016; Figuur 9).



Figuur 9: Productie van eieren, uitgedrukt als percentage lichaamsgewicht dat door eieren wordt ingenomen, in relatie tot het geschatte voortplantingssucces (jongendichtheid in de nazomer/ vrouwendichtheid in het voorjaar) (N=15).

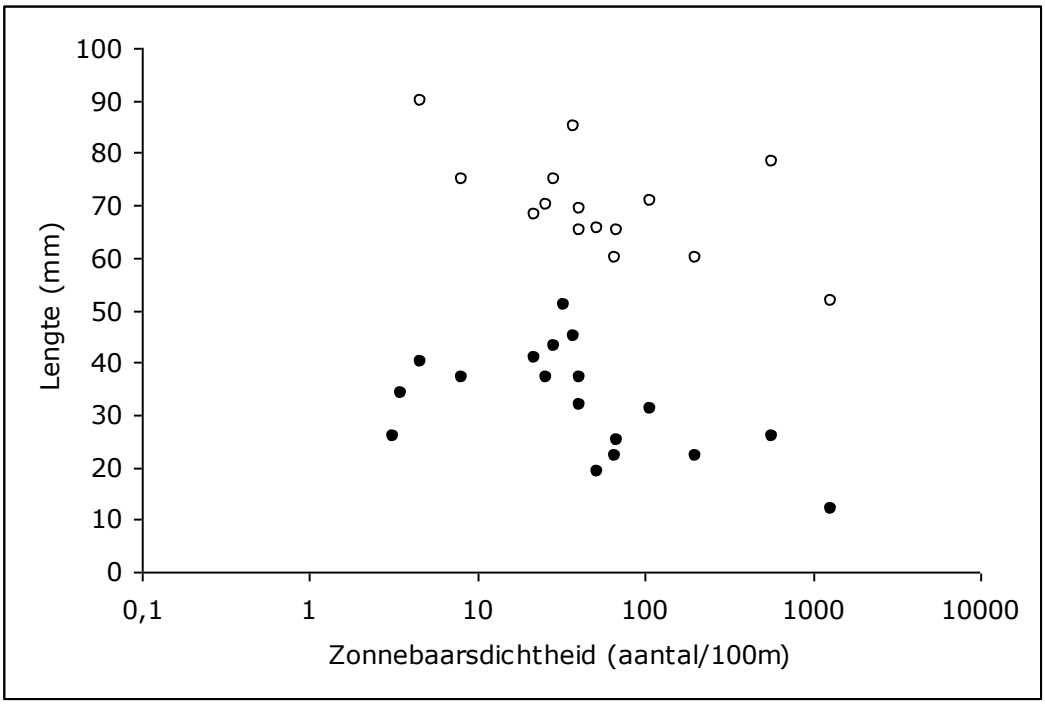
De productie van veel eieren ging echter niet gepaard met grotere zonnebaars aantallen. De investering in nageslacht leek zelfs af te nemen bij een toenemende zonnebaarsdichtheid (Spearman's Rho -0,417; P=0,085; Figuur 10). Ook het voortplantingssucces (aantal jongen per adulte vrouw) vertoonde een negatieve trend met de zonnebaarsdichtheden (Spearman's Rho -0,475; N=15; P=0,074).



Figuur 10: Productie van eieren, uitgedrukt als percentage lichaamsgewicht dat door eieren wordt ingenomen, bij verschillende zonnebaarsbezettingen in geïsoleerde wateren (N=18).

Conditie, groeisnelheid, ontwikkelingssnelheid
De populatiegemiddelden van de conditie van de vissen varieerde van 0,9 tot 1,14. De conditie vertoonde geen relatie met de dichtheden waarin zonnebaarzen voorkwamen (Spearman's Rho -0,218; N=19; P=0,370). Gemiddeld waren de zonnebaarzen na 2,0 jaar geslachtsrijp. In sommige populaties ontwikkelden de vrouwtjes zich relatief snel en waren gemiddeld al na 1,6 jaar geslachtsrijp. In de meest trage populatie hadden de vrouwen pas na 2,8 jaar ontwikkelde gonaden. Ook deze ontwikkelingssnelheid correleerde niet met de dichtheden waarin de zonnebaars werd waargenomen (Spearman's Rho 0,133; N=15; P=0,637).

Groeisnelheid werd gemeten voor verschillende perioden, namelijk voor het eerste levensjaar (L1), tweede levensjaar (L1-2) en de leeftijd waarop de vrouwtjes geslachtsrijp worden (L_{VOLW}). Gemiddelde lengtegroei tot aan de eerste winter is bij Nederlandse (en enkele Belgische) zonnebaarzen gemiddeld 37 mm. Variatie in L1 is gering met een standaarddeviatie van 4,4 mm. L1 vertoonde een niet significante negatieve correlatie met de zonnebaarsdichtheid (Spearman's Rho -0,408; N=19; P=0,083). Na de eerste winter neemt de variatie in groeisnelheid toe (SD=10,2) en L1-2 varieerde van 12 tot 51 mm met een gemiddelde van 32 mm. Ook de lengte waarop de vrouwtjes geslachtrijp worden was variabel (SD=9,8). Gemiddelde L_{VOLW} was 70 mm met een minimum van 52 en maximum van 90 mm. Zowel L2 als L_{VOLW} vertoonden een negatieve correlatie met de zonnebaarsdichtheden in het voorjaar (P=0,028 en P=0,039; Figuur 11).

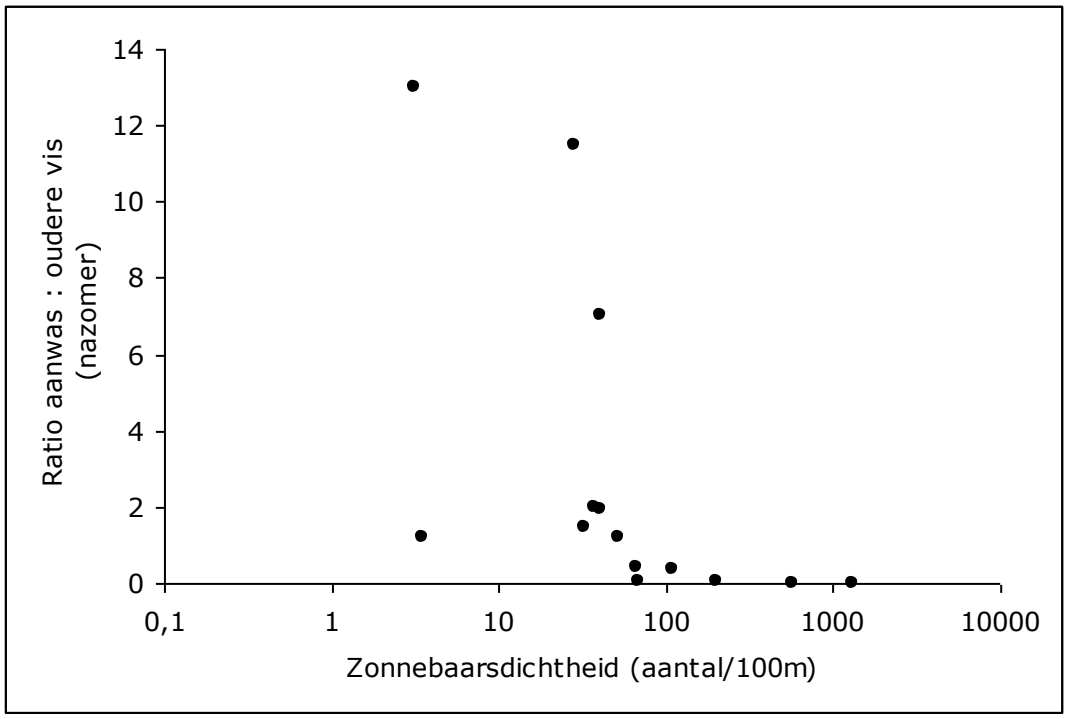


Figuur 11: Lengtegroei in het tweede levensjaar (gesloten cirkels, N=18) en leeftijd van volwassenheid bij vrouwelijke zonnebaarzen (open cirkels, N=15) bij verschillende zonnebaarsbezettingen in geïsoleerde wateren.

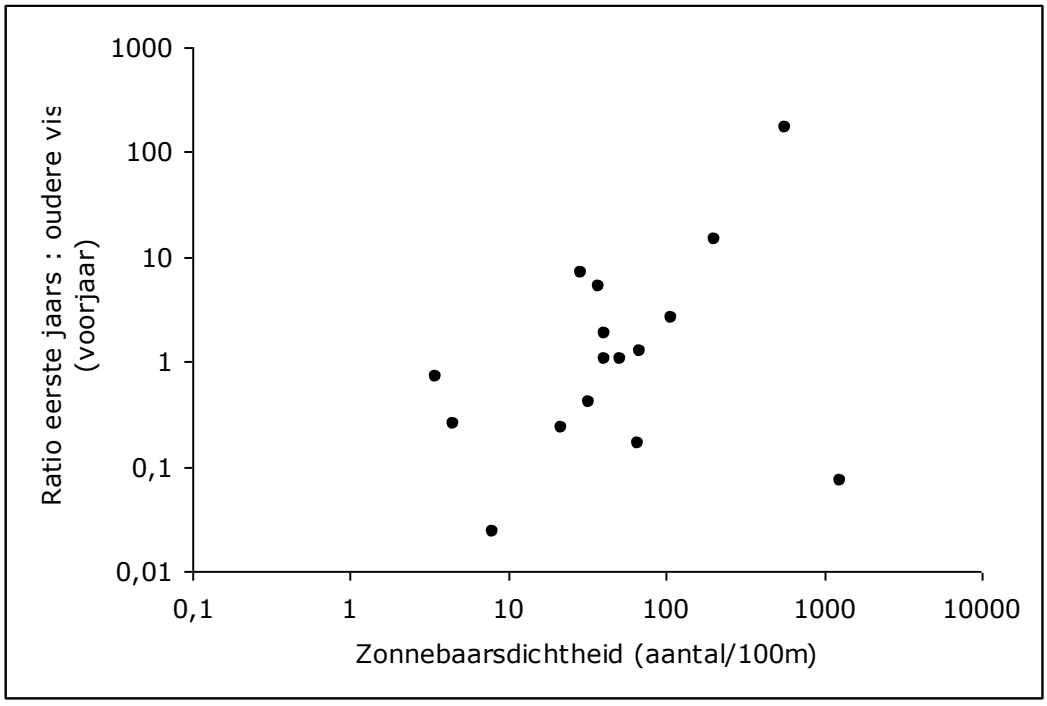
Populatieopbouw: voortplanting en sterfte
De meeste zonnebaarzen worden niet ouder dan 3 jaar. Sommige halen de leeftijd van 4 jaar en in de Schoapedobbe werd één vis van 5 jaar gevangen. Met een totale lengte van 155 mm was dit ook de grootste zonnebaars uit het onderzoek. De maximale waargenomen leeftijd van de verschillende populaties vertoonde geen verband met de aangetroffen dichtheden.

In de nazomer worden de populaties gedomineerd door aanwas uit het voorgaande seizoen: gemiddeld lag de ratio aanwas:oudere vis in de nazomer op 2,9. Onderling vertonen de populaties echter grote verschillen in aanwas. Wateren met lage dichtheden hebben over het algemeen een sterke aanwas en daar waar zonnebaarzen talrijker zijn dan ca. 80 exemplaren / 100 m. ligt de ratio aanwas:oudere vis onder de 1 (Figuur 12). Deze afname van de relatieve aanwas bij toenemende dichtheden is significant (Spearman's rho -0,864; N=14; P<0,000).

In het voorjaar vertonen de populaties een compleet ander patroon in hun opbouw (Figuur 13). Dan neemt de ratio eerste jaars:oudere vis juist sterk toe bij toenemende zonnebaarsdichtheden (Spearman's rho 0,504; N=18; P=0,033). Aangenomen dat de onderzochte populaties van jaar tot jaar redelijk constant zijn, lijkt er dus een omslag plaats te vinden tussen nazomer en voorjaar als gevolg van een leeftijdsafhankelijke sterfte. Die leeftijdsafhankelijke sterfte zou bijvoorbeeld kunnen bestaan uit een afnemende sterfkans voor juveniele vis bij toenemende dichtheden of een toenemende sterfkans voor oude vis bij toenemende dichtheden. Het laatste scenario lijkt echter niet waarschijnlijk aangezien in het voorjaar de verhouding vissen van 1 en 2 jaar oud: oudere vissen niet correleerde met de dichtheden waarin de soort voorkomt (Spearman's rho 0,385; N=18; P=0,115).



Figuur 12: Populatieopbouw van zonnebaarspopulaties in geïsoleerde wateren in de nazomer van 2009 uitgezet tegen de verschillende zonnebaarsbezettingen gemeten in het voorjaar.



Figuur 13: Populatieopbouw van zonnebaarspopulaties in het voorjaar van 2009 uitgezet tegen de verschillende zonnebaarsbezettingen in geïsoleerde wateren.

3.2.4 Omgevingscondities

Oppervlaktewater chemie
In het voorjaar van 2009 is op alle onderzoekslocaties de chemische samenstelling van het oppervlaktewater bepaald. Sommige van deze parameters, zoals fosfaat, nitraat, ammonium en sulfaat, kunnen in theorie de groei van vissen positief beïnvloeden via stimulering van de primaire productie. Andere stoffen, waaronder zuurgraad en aluminium, kunnen juist negatief doorwerken op de ontwikkeling van vissen. Ranges van de concentratie van deze stoffen zijn weer gegevens in tabel 6. Gemiddeld zijn de wateren voedselarm, met lage concentraties sulfaat en aluminium en een neutrale pH.

Er bleek geen correlatie te zijn tussen de concentratie ortho-fosfaat en de diverse eigenschappen van de zonnebaarspopulaties (Spearman rho correlaties). Nitraat en pH bleken negatief gecorreleerd te zijn met de leeftijd waarop de zonnebaarzen geslachtsrijp worden. Toenemende pH bleek tevens gepaard te gaan met een toename van de lengte waarop de zonnebaarzen geslachtsrijp worden. Ammonium was negatief gecorreleerd met de gonadenontwikkeling en juveniele groeisnelheid (L2). Daarentegen was calcium positief gecorreleerd met de lengtegroei tot en met het tweede levensjaar (L2). Echter geen van de bestudeerde chemische parameters vertoonde een significante relatie met de dichtheden waarin de zonnebaarzen voorkomen.

Tabel 6: Chemische samenstelling van oppervlaktewater van de onderzoekslocaties (alleen geïsoleerde wateren).

	Gemiddelde	SD
pH	7,06	1,35
o-PO4 ($\mu mol \cdot l^{-1}$)	0,62	1,46
NO3 ($\mu mol \cdot l^{-1}$)	12,12	19,78
NH4 ($\mu mol \cdot l^{-1}$)	12,62	13,09
t-S ($\mu mol \cdot l^{-1}$)	12,75	9,85
Ca ($\mu mol \cdot l^{-1}$)	19,07	11,86
Al ($\mu mol \cdot l^{-1}$)	0,08	0,09

Temperatuur
Temperatuur is met dataloggers vastgelegd. Vervolgens zijn curven getekend van het temperatuurverloop voor de periode 15 juli 2009 tot en met 1 mei 2010. Van elke curve is de oppervlakte boven de $10^{O}C$ berekend als het aantal groeidagen voor die periode. In de geïsoleerde wateren bleek het aantal groeidagen niet te correleren met de zonnebaarsdichtheden. Ook diverse eigenschappen van de populaties zoals groei op verschillende leeftijden (L1, L2, L1-2 en L_{VOLW}), GSI en voortplantingssucces, conditie en ontwikkelingssnelheid bleken niet van de temperatuur afhankelijk te zijn.

Voortplantingsgelegenheid
In paragraaf 4.2.2 zijn de condities beschreven waarbij zonnebaarzen nestelen. 95% van de nesten werd aangelegd bij een waterdiepte van minder dan 40 cm en een slibdikte van 6 cm. In alle onderzochte wateren is via transecten vastgelegd hoeveel procent van de oever aan deze voorkeurscondities voldeed. De gemiddelde beschikbaarheid van geschikt voortplantingssubstraat langs de oevers van stilstaande geïsoleerde wateren was 39%. De laagste score was 8%, maar de meeste onderzochte wateren

hadden een beschikbaarheid van meer dan 15%. Het aanbod aan geschikt voortplantingshabitat bleek in de onderzochte wateren niet limiterend aangezien er geen correlatie was met de waargenomen dichtheden. Ook de gemiddelde slibdikte correleerde niet met zonnebaarsdichtheden.

Biotische interacties

Tijdens de bemonstering zijn alle vissen genoteerd. Naast zonnebaars werden in de onderzochte stilstaande wateren nog 15 andere vissoorten aangetroffen. Snoek, rietvoorn en baars waren de meest voorkomende soorten (Tabel 7). Paling en beide soorten stekelbaarzen werden slechts eenmaal aangetroffen. Naast de Amerikaanse zonnebaars werden ook andere uitheemse soorten aangetroffen. In de twee bemonsterde vennen in Vlaanderen werden dwergmeervallen aangetroffen. Tevens bleken in meerdere vennen en vijvers goudvissen uitgezet te zijn.

Tabel 7: Visgemeenschappen van de onderzocht stilstaande wateren. De getallen geven de dichtheden van de soorten weer in aantal individuen/100m. De wateren zijn gesorteerd op zonnebaarsdichtheid (range 0,6 tot 1288 indiv./100 m).

	Dichtheden zonnebaars →																		
Inheemse soorten	LAAG																		HOOG
Snoek	0,6	2,0	2,6	2,0	0,4			0,4	2,4	1,7									
Rietvoorn	4,0		0,3						2,9	0,7	1,2				0,7	1,5			8,0
Baars			2,1	0,4				0,4	5,3	71,4	2,0								
Karper			0,6					0,4			0,4						0,3		
Blankvoorn	0,6		0,3						1,2										
Vetje			4,1							8,6									
Riviergrondel																2,1		3,3	
Paling			0,3																
Tiendoornige Stekelbaars						0,9													
Driedoornige Stekelbaars													2,6						
Uitheemse soorten																			
Zwarte (?) Dwergmeerval				0,2	0,7														
Goudvis									0,6						0,7	0,3	0,7		
Amerikaanse Hondvis												16,7	16,0				6,3		
Blauwband												1,5							
Goudkarper																0,3			

In de stromende wateren komt de zonnebaars vaak voor samen met bermpje, snoek, paling, tiendoornige en driedoornige stekelbaars. Soorten die slechts sporadisch voorkomen naast de zonnebaars zijn barbeel, elrits, winde, zeelt, brasem en pos. Ook worden in de beken nog regelmatig andere uitheemse soorten aangetroffen, zoals de Amerikaanse hondsvis en blauwbandgrondel.

Tabel 8: Visgemeenschappen van de onderzochte beken. De getallen geven de dichtheden van de soorten weer in aantal individuen/100m. De wateren zijn gesorteerd op zonnebaarsdichtheid (range 0,5 tot 8 indiv./100 m).

	Dichtheden zonnebaars →																		
Inheemse soorten	LAAG																		HOOG
Bermpje		11,1	2,9		17,8	3,2			2,0								6,8	8,0	
Snoek	1,8		0,6	2,5		0,5						1,7						4,0	
Paling	0,3			0,2		0,5	0,3					0,7						4,0	
Tiendoornige Stekelbaars		0,4	1,2			0,3	3,9			3,3	21,0								
Driedoornige Stekelbaars		24,0				0,7	8,4	1,3	27,3				8,2						
Blankvoorn	1,3			0,5	1,3	0,3												24,0	
Riviergrondel					1,1	2,8		18,7					0,3	64,0					
Baars	0,7	0,2				0,2												2,0	
Kopvoorn					4,0				5,3				0,3	22,0					
Vetje	4,5			0,2														16,0	
Rietvoorn				0,3								0,7							
Rivierdonderpad					1,3													2,0	
Serpeling					4,0				2,0										
Beekforel					3,6				2,0										
Beekprik									1,3				9,4						
Barbeel					0,4														
Elrits					0,4														
Winde													0,3						
Zeelt																		4,0	
Brasem																		2,0	
Pos																		4,0	
Uitheemse soorten																			
Amerikaanse Hondvis	4,2	16,4		5,0															
Goudvis		0,4			0,4														
Blauwbandgrondel			0,6															2,0	

Voor alle soorten is een schatting gemaakt van de biomassa per 100 m. onderzocht traject. Biomassa aan concurrenten correleerde positief met de dichtheid aan zonnebaarzen, maar vertoonde geen verband met de expressie van de eigenschappen van de soort. Deze correlatie is tegengesteld aan de verwachting dat voedselconcurrentie tot lagere zonnebaarsdichtheden zou leiden.

De biomassa predatoren was significant negatief gecorreleerd met de gonadosomatische index, reproductief succes, lengtegroei in het eerste en tweede levensjaar en de leeftijd van maturatie. Daarnaast was de predatoren-biomassa negatief gecorreleerd met zonnebaarsdichtheden. Aangezien snoek veruit de grootste en talrijkste predator in het onderzoek was, vertoonde de biomassa snoek per 100 m bemonsterd traject eenzelfde verband met de zonnebaarseigenschappen en dichtheid.

3.3 Beken vs. stilstaande wateren

In het onderzoek zijn niet alleen stilstaande wateren onderzocht op het voorkomen en de ecologie van zonnebaars. Ook tijdens het onderzoek naar de reproductieve status van beekpopulaties (paragraaf 4.1) is tevens veel andere informatie verzameld. Interpretatie van de informatie uit de beken is lastig aangezien dit open systemen zijn waaruit vissen weg kunnen zwemmen en zonnebaarzen van elders binnen kunnen komen. Daarnaast wijkt het beekecosysteem op verschillende punten sterk af van stilstaande wateren, waardoor de factoren die van invloed zijn op de abundantie van zonnebaars wellicht anders zijn. In deze alinea worden de verschillen tussen beken en stilstaande wateren met betrekking tot eigenschappen van zonnebaarzen en omgevingsfactoren besproken.

Zonnebaarspopulaties in beken hebben veel lagere dichtheden dan die van stilstaande wateren (Tabel 9). De enkele vangsten van geslachtsrijpe vrouwtjes wijzen erop dat er in beken minder energie geïnvesteerd wordt in de productie van gonaden. Tevens is het voortplantingssucces laag en is mogelijk een deel van de waargenomen juvenielen afkomstig uit andere wateren (zie paragraaf 4.1). De eerste jaren is de groei vergelijkbaar met stilstaande wateren. Uiteindelijk zijn de volwassen vissen in beken kleiner, maar dit verschil is niet significant.

*Tabel 9: Vergelijking tussen beken en overige watertypen op basis van eigenschappen van zonnebaarzen en omgevingsfactoren. Significante verschillen op basis van een Mann-Whitney U test zijn weergeven met een *.*

		Beken	Geisoleerde wateren
Eigenschappen			
Dichtheid*	(aantal individuen/100 m)	3,5	137,3
GSI	(% lichaamsgewicht)	4,6	6,1
Conditie*		1,2	1,0
L1	(mm)	37,9	37,0
L1-2	(mm)	31,3	32,2
L_{VOLW}	(mm)	57,8	69,9
$Leeftijd_{VOLW}$	(jaar)	2,1	2,0
Voortplantingssucces	(aantal juvenielen/vrouw)	4,8	6,2
Omgevingscondities			
Biomassa predatoren	(kg/100 m)	0,9	0,1
Biomassa concurrenten*	(kg/100 m)	0,3	0,8
Oevergeschiktheid	% geschikt	44%	39%
Groeidagen*	(dagen)	614,0	870,0
pH		6,9	7,1
o-PO4	($\mu mol \cdot l^{-1}$)	0,3	0,6
NO3*	($\mu mol \cdot l^{-1}$)	462,9	12,1
NH4	($\mu mol \cdot l^{-1}$)	5,8	12,6
t-S*	($\mu mol \cdot l^{-1}$)	24,4	12,8
Ca*	($\mu mol \cdot l^{-1}$)	43,2	17,9
Al*	($\mu mol \cdot l^{-1}$)	0,0	7,1

De lage zonnebaarsaantallen in beken kunnen verschillende oorzaken hebben. Allereerst stromen beken en worden eieren mogelijk weggespoeld of worden stromende wateren mogelijk actief gemeden bij voortplanting. Aan de beschikbaarheid van voortplantingsgelegenheid is in beken geen gebrek. Deze is iets groter dan in stilstaande wateren. De voedselbeschikbaarheid is waarschijnlijk relatief gunstig voor beekzonnebaarzen. Zij hebben namelijk aanzienlijk minder last van voedselconcurrenten dan in andere wateren. De lage concurrentie is mogelijk een verklaring voor de relatief goede conditie waarin de beekbaarzen zich bevinden. Waarschijnlijk is de jaarlijkse temperatuur som een belangrijk factor. Gemiddeld is deze aanzienlijk lager dan in stilstaande wateren en kan zorgen voor energetisch ongunstige condities waardoor zonnebaarzen de drang hebben om weg te trekken.

3.4 Predatie literatuur

Om te kunnen bepalen of het zinvol is om inheemse roofvissen in te zetten voor controle van zonnebaarspopulaties, moeten een aantal vragen worden beantwoord:

- Wordt de zonnebaars gegeten door inheemse roofvissen?
- Hoe verhoudt de preferentie van zonnebaars als prooi zich ten opzichte van andere vissoorten?
- Hoe snel wordt zonnebaars gegeten door deze soorten?

- Kan predatie op andere prooigroepen verwacht worden en hoe verhoudt deze zich tot de predatie door zonnebaars op deze groepen?
- Welke eisen stellen de roofvissoorten aan de wateren waarin zij worden uitgezet?

Een deel van deze vragen is behoorlijk algemeen van aard en gedeeltelijk reeds beantwoord in eerdere studies. Daarom is een bureaustudie uitgevoerd om reeds beschikbare kennis van de populatie- en voedselbiologie van baars en snoek op een rij te zetten. Belangrijke bronnen hiervoor waren Paat (1988) voor snoek en Thorpe (1977) voor de baars. Op basis van dit kennisoverzicht is een lijst met resterende kennisvragen opgesteld welke relevant zijn voor het inzetten van inheemse roofvis als controlemechanisme voor zonnebaarzen.

3.4.1 Snoek Esox lucius

Maximale grootte:	Ca. 140 cm
Ouderdom:	25 jaar
Ontwikkeling:	Geslachtrijp in 1 tot 4, meestal 2-3 jaar
Voortplantingsperiode:	Maart - mei
Voedsel:	Ongewervelden en vanaf een lengte van 10 cm gewervelden

Populatieopbouw
Een belangrijke sturende factor in de populatieopbouw en -omvang van snoek is de beschikbaarheid van schuilgelegenheid voor jonge snoek. Als er voldoende vegetatie is, dan kan jonge snoek daarin schuilen en wordt deze minder gepredeerd door grotere soortgenoten. In deze gevallen worden de populaties vaak gedomineerd door jonge snoeken en worden hoge dichtheden bereikt.

Prooikeuze
Als larve tot ca. 3 cm lengte leeft de snoek van kleine ongewervelden (Laak & Emmerik 2006). Tot ongeveer 8 cm worden al grotere ongewervelden als waterpissebed gegeten. Tussen de 4 en 8 cm schakelen de meeste snoeken over op vis als voedsel.

Literatuurbronnen spreken elkaar tegen wat betreft de voedselvoorkeur van snoek. Frost (1954) concludeerde dat de soort geen voorkeur heeft voor specifieke prooien. De prooikeuze werd vooral bepaald door prooibeschikbaarheid. Deze bevindingen werden ondersteund door andere studies (Banks 1965, Lawler 1965, Willemsen 1965, 1967, 1967a, Vostradowsky 1981, Lux & Smith 1960).

In andere studies wordt wel een voedselvoorkeur waargenomen. In Noordamerikaanse meren blijkt de snoek een voorkeur te hebben voor de Amerikaanse rivierharing *Alosa pseudoharengus* (Wolfert & Miller 1978, Wagner 1972). Prooien met zachte vinstralen worden geprefereerd boven soorten met harde vinstralen (Beyerle & Williams 1968, Mauck & Coble 1971). Zonnebaars wordt ook gegeten door snoek. In een selectie van 15 Amerikaanse prooisoorten waarvan de volgorde van preferentie werd getoetst, stond de zonnebaars op de 8ste plaats. Vermoedelijk staat de zonnebaars ook in Nederland niet bovenaan in het menu, maar concrete gegevens daarvan ontbreken.

Prooigrootte
Naarmate de snoeken in omvang toenemen gaan ze grotere en andere prooien eten (Frost 1954, Lawler 1965, Willemsen 1965). Een kwart van de snoeklengte zou voor de snoek de optimale prooigrootte zijn (Nursall's 1973) met een maximale prooilengte van 15 cm (Zadul'skaya 1960). Dit is ook de maximale lengte die tijdens deze studie voor zonnebaarzen is gemeten. Op basis van lengte kan dus gesteld worden dat alle Nederlandse zonnebaarzen in theorie op het dieet van de snoek staan.

Prooigrootte en –lengte bepalen ook hoe vaak een snoek foerageert. Hart & Connellan (1984) toonden aan dat met toenemende prooigrootte de tijd nodig voor de manipulatie van de prooi toenam. Naarmate de manipulatietijd van een prooi toeneemt, wordt deze als prooi minder interessant. Dit is waarschijnlijk ook de reden dat vissoorten met stekels minder geprefereerd worden. In hoeverre de harde stralen in de rugvin van de zonnebaars de snelheid vermindert waarmee deze soort door snoeken wordt geconsumeerd is niet bekend.

Foerageersnelheid
De snelheid waarmee snoek foerageert kent 3 perioden gedurende het jaar (Tabel 10, Diana 1979). In de winter en het vroege voorjaar (november-april) wordt weinig gegeten. In het voorjaar (mei-juli) wordt relatief veel geconsumeerd en in de maanden augustus-oktober daalt de voedselinname weer. De hoeveelheid gevangen prooi is niet alleen afhankelijk van het seizoen, maar ook van het geslacht waarbij de vrouwtjes meer eten dan mannetjes. Ook in Nederlandse polders werd door snoek het minste gegeten tijdens het paaiseizoen (Willemsen 1965, 1967a).

Tabel 10: Voedselconsumptie (kcal/kg/dag) van snoek in meer Sainte Anne (Diana 1979).

	Mannen	Vrouwen
Januari	0,3	1,0
Februari	-	-
Maart	0,5	0,8
April	0,3	0,3
Mei	9,6	14,0
Juni	18,1	30,9
Juli	11,5	19,2
Augustus	6,0	9,8
September	6,4	7,5
Oktober	7,9	8,6
November	-	-
December	-	-

Predatie op andere soorten en diergroepen
Naast vis worden ook andere organismen gegeten door snoeken. Volgens Beyerle (1971, 1978) worden insectenlarven, rivierkreeften en paddenlarven veel gegeten. Dat gebeurt zelfs in de aanwezigheid van *Lepomis macrochirus*, een verwant van de zonnebaars. In experimenten van Doxtater (1967) met diverse snoekachtigen en andere roofvis bleek de "Nederlandse snoek" echter wel de meest effectieve predator van *L. macrochirus*. In een meer zonder andere vissoorten aten volwassen snoeken met name kleinere soortgenoten en kikkers (Munro 1957) en kleinere exemplaren leefden vooral van vlokreeften (*Gamarus spec.*). Kannibalisme is zeldzaam en treedt alleen met een redelijke frequentie op indien geen andere voedselbronnen voorhanden

zijn (Frost 1954, Lawler 1965). Tevens wordt het optreden van kannibalisme groter naar mate de schuilgelegenheid voor juveniele snoek afneemt. Daarnaast blijken ook watervogels af en toe geconsumeerd te worden.

Snoeken blijken dus prooien te pakken anders dan vis en zij hebben zodoende mogelijk negatieve effecten hebben op andere soorten. Het is echter niet duidelijk hoe neveneffecten van snoekpredatie zich verhouden tot de schadelijke effecten van zonnebaarsinvasies.

Habitateisen
Eieren worden afgezet in dichte vegetatie, ondergelopen moerasvegetatie en luwe ondiepe oevers. Naarmate de larven en juvenielen groeien zoeken ze vegetatie op met een steeds opener structuur. Ook volwassen dieren prefereren helofyten. Snoek jaagt meestal vanuit een zekere vorm van beschutting. Als die niet voorhanden is, gaan ze actief op zoek naar voedsel, waarbij ze langzaam rond zwemmen.

De soort kan zure condities redelijk goed verdragen. Bij een pH van 5,1 is de overleving van embryo's ongeveer 90% (Literatuur in Laak & Emmerik 2006). Als ondergrens kan een pH van 4,5 worden gehanteerd (Le Louarn & Webb 1998). De zuurgraad van de meeste Nederlandse wateren ligt tegenwoordig boven deze grens.

Snoek gaat bij vermesting vaak sterk achteruit (o.a. Willemsen 1980). Mogelijke sturende mechanismen daarin zijn afname van beschutting (helofyten), vermindert doorzicht en toename van concurrenten (snoekbaars *Stichostedion lucioperca*).

Resterende kennisvragen
- Wat is de plaats van de zonnebaars in het menu t.o.v. andere inheemse vissoorten?
- Wat is de snelheid waarmee zonnebaars wordt geconsumeerd?
- In welke dichtheden moet snoek worden uitgezet om de aanwas van een zonnebaarspopulatie effectief te consumeren?
- Wat is de impact van uitgezette snoek op populaties van inheemse soorten en hoe verhoudt deze tot de impact van zonnebaars?

3.4.2 Baars Perca fluviatilis

Maximale grootte:	Ca. 50 cm
Ouderdom:	6 jaar
Ontwikkeling:	Geslachtrijp 1 jaar bij mannetjes, 2-3 jaar bij vrouwtjes
Voortplantingsperiode:	Maart-mei
Voedsel:	Ongewervelden en vis (vooral visbroed)

Populatieopbouw
De opbouw van baarspopulaties is sterk veranderlijk van jaar tot jaar en tussen verschillende locaties. Ook al kunnen baarzen ongeveer 50 cm groot worden, populaties worden gedomineerd door kleinere exemplaren. Meestal zijn dominante grootteklassen niet groter dan 30 cm.

Prooikeuze, -grootte en foerageersnelheid
In het algemeen eet een baars alle kleine dierlijke organismen die beschikbaar zijn. Baars begint het leven als een planktoneter. Op latere leeftijd schakelt de soort over op macrofauna en vaak (maar niet altijd) op vis. Berichten over de mate waarin vissen op het menu heeft staan lopen

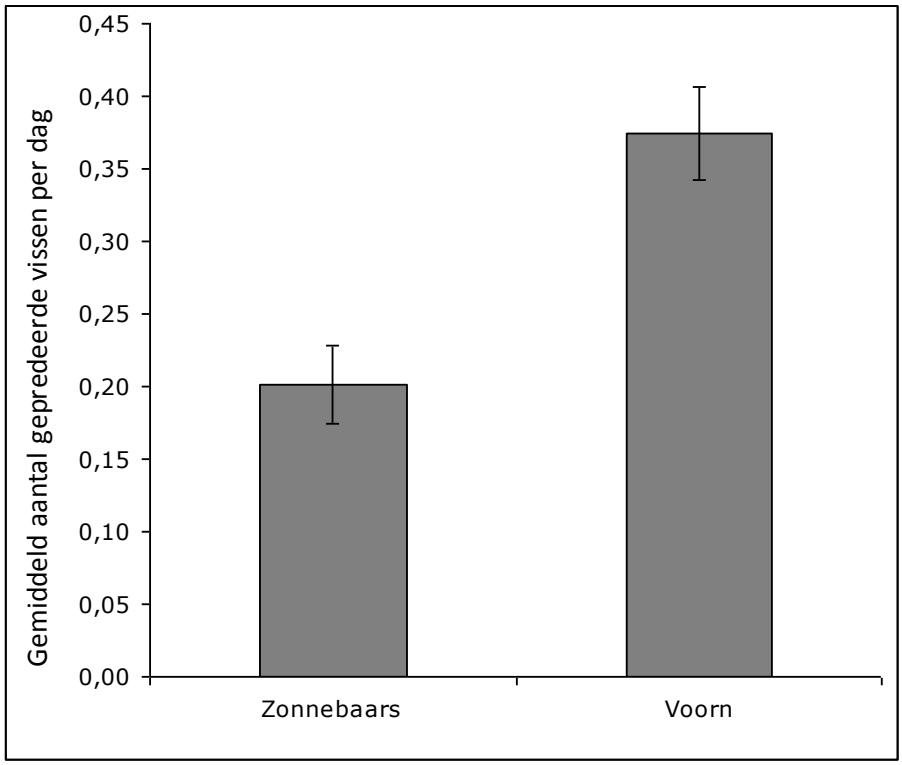
sterk uiteen. Het overschakelen op visconsumptie wordt gemeld vanaf een lengte van 18 cm (Allen 1935) tot meer dan 40 cm (Klemetsen 1973) of treedt zelfs helemaal niet op (Thorpe 1977). Dagelijkse consumptie varieert van 6,5% van het vers lichaamsgewicht in de zomer tot 3,2% in september (Thorpe 1977). Aangezien veel populaties bestaan uit vissen van minder dan 30 cm zal naar verwachting weinig predatie op zonnebaars optreden en is het te verwachten effect van geïntroduceerde baars op zonnebaarspopulaties gering.

Habitateisen
De baars stelt weinig eisen aan zijn omgeving. De soort komt voor onder een brede range van zuurgraden. Nutriëntenrijkdom van het water heeft weinig invloed. Alleen als het water zeer troebel wordt gaat dat ten koste van de foerageerefficiëntie en overleving van jonge baars. Enige vorm van structuur (vegetatie of andere obstakels) heeft de soort nodig om eieren af te kunnen zetten.

Resterende kennisvragen
Omdat baars bekend staat als roofvis is via deze literatuurstudie verkend of de soort inzetbaar is voor de bestrijding van zonnebaars. Echter, de sterke preferentie voor klein dierlijk leven en beperkte visconsumptie duiden erop dat de soort zich niet zal lenen als predator van zonnebaars. Daarnaast kunnen aanzienlijke neveneffecten op andere fauna verwacht kunnen worden van baarsintroducties. Het uitzetten van baars voor de controle van zonnebaarspopulaties is daarmee een spoor dat niet verder verkend zal worden binnen dit project. Zodoende zijn er geen dringende kennisvragen ten aanzien van baarsintroducties.

3.5 Predatie experiment

De openstaande vragen ten aanzien van de inzet van snoek als zonnebaarsconsument (Paragraaf 4.4.1.7) zijn in het najaar van 2011 onderzocht in een experimentele opstelling. Daarbij werden zonnebaarzen en blankvoorns in dezelfde opstelling gehouden als een volwassen snoek. Beide prooisoorten werden gegeten door de snoeken (Figuur 14). Na 35 dagen waren in de meeste experimentele tanks geen blankvoorns meer over. In slechts één tank werd nog een enkele voorn aangetroffen. In deze periode in ongeveer de helft (46%) van de zonnebaarzen uit de tanks verdwenen. Daardoor worden zonnebaarzen gemiddeld minder snel gepredeerd dan een witvis als de blankvoorn (Student T-test, P = 0,002). Gemiddeld verdwenen er per dag 0,58 (Standaardfout 0,05) vissen uit de tanks.



Figuur 14: Dagelijkse predatie (± SE) van snoek op zonnebaars en blankvoorn.

De resultaten van dit experiment geven duidelijk aan dat snoeken in te zetten zijn bij de bestrijding van zonnebaars. Maar vertaling van de predatiegetallen naar het veld moet met enige voorzichtigheid gebeuren. Zo, is het experiment laat in het seizoen uitgevoerd, waardoor de watertemperatuur relatief laag was. Hierdoor zullen de waargenomen predatiesnelheden onder het jaarlijkse gemiddelde liggen en in de praktijk dus hoger liggen. Een andere factor die de waargenomen predatie-efficiëntie kan hebben beïnvloed, is sterfte onder de prooivissen door oorzaken anders dan predatie. Het bleek praktisch onhaalbaar om gedurende het experiment van dag tot dag de overleving van de vissen bij te houden. Daardoor kon alleen de vastgesteld worden of de prooien na de periode van 35 dagen waren verdwenen. Aangezien bij regelmatige inspectie van de experimentele tanks geen dode vissen zijn waargenomen, is het verdwijnen van prooien vermoedelijk voor een belangrijk deel te wijten aan predatie door snoek.

Figuur 14 wekt de indruk dat zowel blankvoorn als zonnebaars gegeten worden door snoeken. Echter het is mogelijk dat snoeken pas zonnebaarzen gaan eten nadat populaties van andere vissoorten zijn uitgeput. Ook in dit experiment is het mogelijk dat de snoeken eerst alle voorns hebben geconsumeerd voordat zij aan de zonnebaarzen zijn begonnen.

4 Discussie en aanbevelingen beheer

4.1 Beekpopulaties

4.1.1 Natuurlijke regulatie van zonnebaarsaantallen in beken

De aantallen in beken zijn over het algemeen laag, en veel lager dan in stilstaande wateren. De oorzaak hiervoor is moeilijk te achterhalen uit de expressie van soorteigenschappen aangezien deze niet significant verschillen van die in stilstaande wateren. Het uitblijven van verschillen is mogelijk te wijten aan de lage aantallen zonnebaars die in beken verzameld zijn. Tevens is het aannemelijk dat een groot deel van de in beken verzamelde vissen afkomstig is uit wateren die buiten de beek gelegen zijn. Omstandigheden die beken mogelijk ongeschikt of onaantrekkelijk maken voor zonnebaars zijn de relatief lage temperatuur, stroming en hoge concentraties nitraat en sulfaat. Hoge temperatuur wordt verondersteld verantwoordelijk te zijn voor de hoge aantallen zonnebaars in Zuid-Europese stroomgebieden (Copp & Fox 2007) en zou volgens de auteurs de ontwikkeling in Noord-Europa kunnen beperken. Klaar et al. (2004) vonden dat zonnebaarzen in beken een voorkeur vertoonden voor diep water, steile oevers en harde substraten. In Nederland gaan die drie voorwaarden niet vaak samen op. Steile oevers en diepe watergangen worden vaak samen aangetroffen in genormaliseerde beken. Dit zijn echter ook de beken waar zich snel organisch materiaal ophoopt en hard substraat schaars is. Zo heeft de genormaliseerde Kleine Beerze bijvoorbeeld een gemiddelde slibdikte van 28,5 cm met een maximum van 68 cm.

Verschillende studies melden dat in beekdalen zonnebaars voor de voortplanting afhankelijk is van stilstaande wateren (Copp & Cellot, 1988; Godinho & Ferreira, 1998; Gutiérrez-Estrada et al., 2000). Veelal ontstaan deze wateren als gevolg van grote hydrodynamiek. Ook in Nederland blijken veel van de Brabantse en Limburgse beekpopulaties gevoed te worden door zonnebaarzen uit nabijgelegen voortplantingswateren. Deze wateren zijn niet ontstaan door hydrodynamiek maar zijn vaak aangelegd voor de ontwikkeling van natuur of voortplantingshabitat voor amfibieën. In de beken zelf treedt weinig tot geen reproductie op en het is twijfelachtig of beekpopulaties zich op eigen kracht kunnen handhaven. De belangrijkste functie die beken voor de soort vervullen is als migratiecorridor waardoor nieuwe gebieden worden bevolkt.

4.1.2 Maatregelen in beekdalen

Zolang er niets ondernomen wordt om de aantalsontwikkeling van de zonnebaars in beekdalen te stoppen, zal de soort zich door het hele land verspreiden. In de beken zelf is dat geen groot probleem, aangezien de soort daar in lage aantallen voorkomt en weinig schade aanricht. In de stilstaande wateren die vanuit de beken gekoloniseerd worden, kan de soort wel gaan domineren en grote schade aanrichten aan natuurwaarden. Ingrijpen is dus van belang. Het zal echter zeer lastig blijken om zonnebaarzen te bestrijden

in de beken. Betere bestrijdingskansen liggen er in beekbegeleidende voortplantingswateren.

Allereerst is het belangrijk dat potentiële voortplantingswateren niet gekoloniseerd worden en reeds bestaande populaties in beekbegeleidende wateren geen zonnebaars leveren aan de beek. Door migratiemogelijkheden te beperken kan een deel van het probleem al worden opgelost. Het opwerken van migratiebarrières staat wel haaks op de activiteiten die door veel waterschappen en –beheerders ondernomen worden. Het is dan ook belangrijk om bij elke situatie en maatregel een afweging te maken voor de te verwachten positieve effecten van een goede bereikbaarheid van verschillende wateren versus de negatieve effecten van grote aantallen zonnebaarzen. Er zijn een aantal maatregelen waarmee de uitwisseling van zonnebaarzen tussen beek en andere wateren beperkt kan worden:

Plaatsen van roosters in watergangen en ontwateringbuizen
Deze maatregel is geschikt voor voortplantingswateren die in natte perioden afwateren op de beek, waarbij zonnebaarzen in de beek terecht komen. De maaswijdte van het rooster is afhankelijk van de frequentie waarmee water richting de beek stroomt. In sommige gebieden zal dat alleen in het winterseizoen gebeuren. In die periode zijn de jonge zonnebaarzen al aardig gegroeid en zal een maaswijdte van 1 tot 1,5 cm volstaan. Als er vaker hoge waterstanden zijn dan is een kleinere maaswijdte vereist (ca. 0,5 cm).

Ophogen van kades en paden
Andere voortplantingswateren staan in contact met de beek als deze buiten haar oevers treedt. In deze gevallen kan de uitwisseling van vis worden voorkomen door kades op te werpen. Hierbij kan creativiteit helpen. Zo kan bij de aanleg van poelen, de vrijgekomen aarde gebruikt worden om de oevers op te hogen en zodoende contact met beekwater te voorkomen. Soms zal het mogelijk zijn om onverharde paden op te hogen zodat zij een barrière vormen voor het beekwater.

Natuur ontwikkelen buiten invloedgebied van beken
Inmiddels zijn er verschillende poelen, die aangelegd waren als voortplantingshabitat voor amfibieën, bevolkt door grote aantallen zonnebaars. Deze poelen overstromen jaarlijks met beekwater. Door daar waar mogelijk natuurontwikkeling en amfibieënpoelen aan te leggen buiten de inundatiezone van beken wordt voorkomen dat zonnebaars op eigen kracht deze wateren bevolkt.

Naast beperking van migratiemogelijkheden is het zinvol om maatregelen te nemen waarmee bestaande populaties worden uitgeroeid of drastisch in omvang vermindert. Maatregelen die daarvoor geschikt zijn worden besproken in paragraaf 5.4.

4.2 Populaties in stilstaande wateren

4.2.1 Geprefereerde voortplantingscondities

In de literatuur (Danylchuk & Fox, 1996) wordt het favoriete voortplantingssubstraat beschreven als ondiep op een ondergrond van kiezel of zand. De resultaten uit deze studie bevestigen dat. In stilstaande wateren in Nederland prefereert de zonnebaars ondiep water (minder dan 40 cm) op een minerale bodem of bij een slibdikte van maximaal 7cm. Het blijkt dat als

de dikte van de sliblaag toeneemt de mannelijke vissen diepere nesten gaan graven. Er is hen dus veel aan gelegen om de eieren op minerale grond af te laten zetten. Vermoedelijk leidt een organische ondergrond tot zuurstofgebrek en sterfte van de eieren.

Deze voorkeur voor minerale nestelbodem leek een goede verklaring voor het patroon dat zonnebaarzen hogere dichtheden bereiken in wateren waar als gevolg van beheer zandige bodems ontstaan (Van Kleef et al., 2008). De meest voorkomende maatregelen waren het baggeren van vennen en de aanleg van amfibieënpoelen. Echter, de beschikbaarheid van geschikt voortplantingssubstraat bleek niet te correleren met zonnebaarsdichtheden. De oorzaak daarvoor moet waarschijnlijk gezocht worden in het sociale gedrag van mannelijke zonnebaarzen. Tijdens het voortplantingseizoen zijn de mannen erg territoriaal en verdedigen hun nestkuil tegen indringers. Ondanks het agressieve gedrag worden de nesten vaak in losse aggregaties aangelegd en kunnen nesten zeer dicht bij elkaar liggen. Dat betekend dat nestgelegenheid niet snel limiterend zal zijn. In de onderzochte stilstaande wateren was gemiddelde 39% van de oevers geschikt voor voortplanting. Bij de minst geschikte was dat toch nog 8%. Vermoedelijk kan nestgelegenheid wel limiterend zijn, maar is dat bij een drempelwaarde die ver onder de 8% ligt.

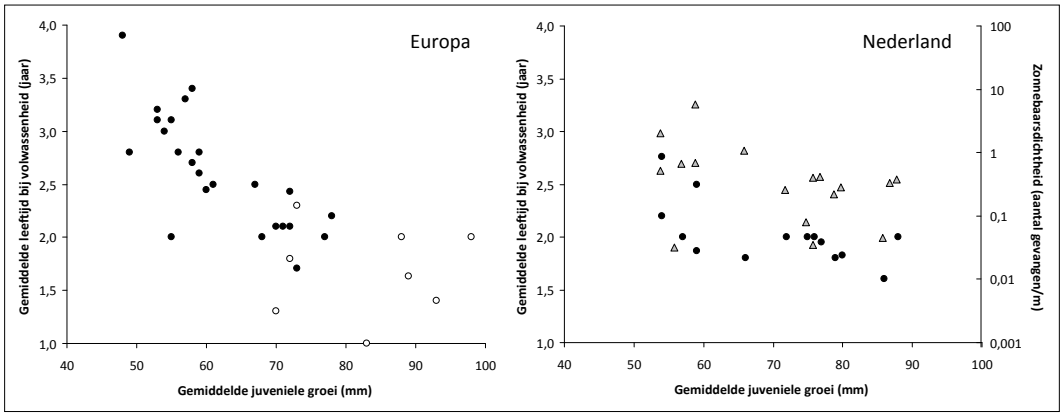
Er is nog een andere weg waarbij de hoeveelheid organisch materiaal van invloed kan zijn op zonnebaarspopulaties: door limiterend te werken op de zuurstofbeschikbaarheid. Al hoewel de hoeveelheid slib geen relatie leek te vertonen met de omvang van de populaties, zijn er duidelijke aanwijzingen dat slib tijdelijk een rol kan spelen op de overleving van zonnebaars. Het Meeuwven (Waalre) is rond 1990 opgeschoond en heeft sindsdien slechts een dunne laag slib (gemiddeld 1,6 cm). In het Rietven (Eindhoven) ligt gemiddeld 10,5 cm slib. In het voorjaar van 2009 werden in het Meeuwven en Rietven met resp. 52 en 202 individuen/100m, hoge dichtheden zonnebaarzen aangetroffen. In de daarop volgende winter was er een koude periode met waarin beide vennen waren dichtgevroren. Tijdens een bezoek in het voorjaar van 2010 bleek de populatie in het Meeuwven nog op volle sterkte, maar kon in het Rietven pas na intensief zoeken een enkele zonnebaars gevangen worden. Het lijkt erop dat in het Rietven een aanzienlijke wintersterfte door zuurstofgebrek heeft opgetreden en dat eenzelfde sterfte in het Meeuwven is uitgebleven. Overigens was de populatie in het Rietven in de zomer al weer herstellende doordat er veel jongen geboren waren. Klaarblijkelijk heeft ook een bijna complete wintersterfte slechts een kortdurend effect op de populatieomvang gehad.

4.2.2 Intraspecifieke concurrentie

Vissen en de zonnebaars in het bijzonder (Tomoček et la. 2007) vertonen een grote variatie in de wijze waarop zij zich ontwikkelen. Informatie over de expressie van eigenschappen van populaties kan inzichtelijk maken op welke wijze aantallen worden gereguleerd. Cucherousset et al. (2009) toonden aan dat op Europese schaal groei en maturatiesnelheid van zonnebaars correleerde met de breedtegraad. Daarbij vertoonden zuidelijke populaties een snellere groei en waren eerder geslachtsrijp. Tevens waren dit de populaties waar zonnebaarzen gingen domineren. Waarschijnlijk zorgt bij de lagere breedtegraden de hogere temperatuur voor een snellere en groei en ontwikkeling en stimuleert zo de populatieomvang.

Ook in deze studie werd een relatie gevonden tussen groeisnelheid en dichtheden, maar deze was tegengesteld aan die door Cucherousset et al.

(2009) is beschreven: hoge dichtheden gaan gepaard met een lage groei. Vergelijking van de Europese data en de resultaten uit deze studie (Figuur 15) laat zien dat de gemiddelde leeftijd van volwassenheid in de Nederlandse populaties ligt tussen de 1,5 en 2 jaar en aan de onderkant van de Europese range valt. Het lijkt erop dat onder een maturatieleeftijd van 2 jaar zonnebaarzen in staat zijn om hoge dichtheden te bereiken. Hieruit blijkt dat in de onderzochte Nederlandse wateren temperatuur niet sturend werkt en limiterend is op de expressie van de diverse eigenschappen en de regulatie van aantallen.



Figuur 15: Relatie tussen juveniele groei en maturatiesnelheid in Europese wateren (links) en Nederlands wateren (rechts). In de Europese dataset zijn de locaties met hoge dichtheden weergegeven door open cirkels en lagere dichtheden door gesloten cirkels. In de Nederlandse dataset is de maturatiesnelheid weergegeven door gesloten cirkels. Tevens zijn de dichtheden weergegeven door driehoeken.

Naast een negatieve relatie tussen groei en populatiedichtheid leek ook de reproductie af te nemen bij toenemende populatieomvang. Deze patronen duiden op een dichtheidsafhankelijk proces, waarbij bij toenemende dichtheden de intraspecifieke concurrentie toeneemt. Door de onderlinge concurrentie hebben de zonnebaarzen minder energie beschikbaar voor groei een voortplanting. Voor de bestrijding van zonnebaarzen is dit een belangrijk gegeven. Vaak zijn bestrijdingsacties, zoals het afvissen van wateren, niet volledig effectief en blijven er enkele vissen over. Voor deze achtergebleven vissen worden de omstandigheden opeens aanzienlijk gunstiger. Zij hoeven namelijk niet meer te concurreren met soortgenoten en gaan daardoor sneller groeien en meer nakomelingen produceren. Door het wegvallen van de intraspecifieke concurrentie wordt zodoende het herstel van de populatie versneld. Indien bestrijding niet volledig is, zal dus na enkele jaren de populatie zich hebben hersteld en is opnieuw ingrijpen nodig.

4.2.3 Sturende omgevingsfactoren

Door de hierboven beschreven intraspecifieke concurrentie is het aandeel jonge zonnebaars in de populatie in de nazomer negatief gecorreleerd met de zonnebaarsdichtheden. Echter in het voorjaar vertoont de populatieopbouw een compleet ander beeld en is het aandeel jonge vis positief gecorreleerd met de zonnebaarsdichtheid. Het lijkt erop dat in de tussenliggende periode een aanzienlijke sterfte van jonge vis optreedt, die afneemt bij toenemende populatieomvang. Predatie op jonge zonnebaars is de enige plausibele verklaring voor dit patroon. Deze hypothese wordt ondersteund doordat de dichtheden van zonnebaars afnemen bij een toenemende dichtheid aan

roofvissen. Snoek was de meest talrijke predator en lijkt daarmee de sleutelsoort te zijn waarmee zonnebaarspopulaties op een natuurlijke wijze worden gereguleerd.

Naast de abundantie van predatoren lijken er geen andere sturende omgevingsfactoren te zijn. Verschillende waterchemische parameters vertoonden geen relatie met de zonnebaarsaantallen. Dat gold ook voor watertemperatuur en beschikbaarheid van voortplantingshabitat. Alleen de aanwezigheid van concurrerende soorten correleerde met de zonnebaarsdichtheden. Dit was echter een positief verband terwijl een negatief verband verwacht zou worden als concurrentie een sturende rol zou hebben.

4.3 Maatregelen voor bestrijding en controle van zonnebaars in stilstaande wateren

Preventie
De meest effectieve manier om problemen met zonnebaars te voorkomen, is door er voor te zorgen dat zij niet in de natuur terecht komen. Al hoewel preventie niet de focus van deze studie was, is het toch zinvol maatregelen hiervoor te vermelden. In paragraaf 5.1.2 is al besproken dat natuurontwikkeling in beekdalen het beste gepland kan worden buiten het overstromingsbereik van de beken. Hierdoor wordt het voor zonnebaars moeilijk om vanuit beeksystemen nabijgelegen wateren te koloniseren. Eenzelfde overweging kan gemaakt worden voor het beheer van meer geïsoleerde wateren als poelen en vennen. Uit een eerdere studie (Van Kleef et al. 2008) is namelijk gebleken dat opzettelijke introductie de belangrijkste oorzaak van zonnebaarsinvasies zijn. Dit gebeurt met name door mensen die in de buurt van de getroffen poelen en vennen wonen. Op een afstand van meer dan 250 m. van bewoning en meer dan 100 m. van wegen en paden neemt de kans op opzettelijke uitzetting van zonnebaars aanzienlijk af (Copp et al 2005). Daarom is het verstandig wateren die ver van infrastructuur en bewoning liggen voorrang te geven bij het plannen van beheers- en herstelmaatregelen.

Daarnaast kan een goede voorlichting aan omwonenden over de effecten van uitheemse soorten op de Nederlandse natuur zorgen voor een vermindering van het aantal uitzettingen. Zeker bij grote herstelprojecten is extra voorlichting te overwegen.

Uitzetten van snoek
Het is een bekend verschijnsel dat invasies van uitheemse soorten kunnen mislukken doordat zij worden voorkomen door inheemse soorten (Tilman, 2004; Funk et al., 2008). Meestal speelt concurrentie daarbij een grote rol. Echter, ook predatie kan voorkomen dat een uitheemse soort gaat domineren en dat lijkt te gebeuren bij zonnebaarzen in stilstaande Nederlandse wateren. Het ligt dan ook voor de hand om predatoren uit te zetten of hun populaties te stimuleren om dominantie van zonnebaars te voorkomen.

Snoek en baars zijn de dominante viseters in Nederland. Om te bepalen of zij inzetbaar zijn voor de controle van zonnebaarzen zijn in de literatuur hun habitateisen, voedselkeuze en populatieontwikkeling uitgezocht. Daarbij bleek al snel dat snoek beter geschikt is dan baars. Zo is de groeisnelheid van Baars

veel lager dan van snoek. Snoek bereikt al na een jaar een gemiddelde lengte van 22 cm en heeft dan al een hele tijd andere vissen op het menu staan. Een baars groeit in dezelfde periode 6 tot 8 cm en gaat pas vis eten bij een lengte rond de 30 cm. Ook in de veldstudie bleek snoek de dominante viseter en zijn biomassa correleerde negatief met de zonnebaarsdichtheden. Snoek is weinig kieskeurig in zijn habitateisen en heeft slechts enige vorm van vegetatie nodig om vanuit te jagen en om in voort te planten. In relatief schaars begroeide vennen, zoals het Beuven, de Banen of het Kannunikensven, komt de soort in redelijke dichtheden voor. Dat duidt erop dat de habitateisen van de snoek niet limiterend zijn om de soort in te zetten als biologische bestrijding. Uiteraard is het uitzetten van predatoren alleen zinvol indien de wateren waar dit gebeurt relatief gesloten zijn. In open systemen zoals beken, is de kans groot dat geïntroduceerde vissen snel weg migreren en de dichtheden dermate laag worden dat van effectieve onderdrukking van zonnebaarsaantallen geen sprake meer is.

Een belangrijke vraag is of met het uitzetten van snoek, niet de ene predator wordt ingeruild voor de andere. Uit eerdere studies (o.a. Brouwer et al. 2009) blijkt dat de hierboven genoemde vennen een rijke macrofaunagemeenschap kennen, ondanks een flinke snoekbezetting. Vermoedelijk zijn ongewenste neveneffecten op ongewervelden daarom gering en aanzienlijk kleiner dan de effecten die zonnebaars op deze taxa heeft. Mogelijk zijn er wel effecten op andere vissoorten en amfibieën. Immers, de zonnebaars heeft in veel vinstralen verharde stekels waardoor de soort waarschijnlijk niet de meest geprefereerde prooi van de snoek is. Monitoring van uitzetprojecten zal moeten uitwijzen of de neveneffecten opwegen tegen de positieve effecten van lagere zonnebaarsdichtheden.

Uit het predatie-experiment blijkt zonnebaars minder efficiënt gepredeerd wordt dan een witvis als de blankvoorn. Het is ook heel goed mogelijk dat snoeken pas zonnebaarzen gaan consumeren nadat de andere prooipopulaties zijn uitgeput. Zonnebaars is namelijk lastiger te hanteren door de harde vinstralen. Tijdens het experiment bleek ook dat zonnebaars veel intensiever gebruikt maakt van schuilgelegenheid (in dit geval een stuk hout met gaten) dan een soort als de blankvoorn. Daardoor is hij minder opzichtig en moeilijker toegankelijk dan soorten die dat niet doen. Bij introductie van snoeken in wateren met andere geschikte prooivissen kan dus verwacht worden dat deze populaties door de snoeken onderdrukt zullen worden. Hierop moet men extra alert zijn, als er beschermde vissoorten voorkomen. In de gevoelige stilstaande wateren zijn dat vooral vetje (*Leucaspius delineatus*), bittervoorn (*Rhodeus amarus*) en kroeskarper (*Carassius carassius*). Vermoedelijk zal het niet vaak voorkomen dat in wateren waar zonnebaars voor problemen zorgt, beschermde vissoorten voorkomen. Tijdens deze studie is alleen het vetje aangetroffen in wateren met relatief veel zonnebaars.

Een belangrijk uitgangspunt bij de introductie van snoek moet zijn dat de soort zich moet kunnen handhaven. Daarvoor moet de populatie voldoende groot zijn om voldoende nageslacht te produceren, waarbij een deel van de jonge snoeken ten prooi zal vallen aan zonnebaars. Immers, het voortplantingssucces van snoeken in wateren met een hoge zonnebaarsdichtheid zal vermoedelijk erg laag zijn, doordat de larven van de snoek worden gegeten door de zonnebaarzen. Om het voortplantingssucces van de snoek te stimuleren is het verstandig om het uitzetten van de soort te combineren met het afvissen van zonnebaarspopulatie. Hierdoor neemt de kans dat de uitgezette predatorpopulatie zich vestigt toe en ontstaat er direct een betere balans tussen de prooivissen- en de predatorbestanden.

Het uitzetten van snoek als bestrijdingsmaatregel roept enkele praktische vragen op. In welke dichtheid moeten snoeken worden uitgezet? De hoeveelheid snoek die uitgezet dient te worden is natuurlijk afhankelijk van de grootte van het te behandelen gebied. De biomassa van snoek in het veld kan sterk variëren, van 8 tot 90 kg/ha (Grimm 1980). Omgerekend naar individuen van 40-45 cm is dat 16 tot 180 dieren per hectare. In de studie van Grimm werden de hoge dichtheden aangetroffen in wateren met veel onderwatervegetatie. Voor de meeste wateren waar zonnebaars bestreden moet worden, kan volstaan worden met lagere dichtheden. Een richtlijn om de predatorpopulatie te starten is 50 snoeken per hectare. Een andere vraag is welke grootte moeten de vissen hebben? De ideale prooilengte voor snoek ligt bij een kwart van zijn eigen lengte. Aangezien het overgrote deel (95%) van Nederlandse zonnebaarzen kleiner is dan 10,7 cm, heeft de ideale predator een lengte van ca. 40 cm. Deze lengte bereiken snoeken onder gunstige condities, zoals die bij een kweker heersen, na 2 jaar. Ook snoeken van een jaar oud zijn al goede predatoren. Zij worden bij gunstige omstandigheden ongeveer 25 cm en kunnen bij die lengte al 70% van alle zonnebaarzen aan.

Het uitzetten van snoek kan het beste gebeuren van november tot februari. De watertemperatuur is in die periode laag. Daardoor ondervinden de vissen tijdens het transport de minste stress en is de overleving goed.

Naast de eerder genoemde maatregelen voor het beperken van verspreiding van zonnebaarzen (paragraaf 5.1.2), zijn er een aantal maatregelen mogelijk om de soort actief te bestrijden. Hieronder en in hoofdstuk 6 worden verschillende opties gegeven evenals de randvoorwaarden waaronder zij toegepast kunnen worden. Allereerst moet bij deze maatregelen vermeld worden dat er tot op heden nagenoeg geen ervaring is met hun effectiviteit en toepasbaarheid. Zowel in Nederland als in het buitenland is de beheerservaring met zonnebaarsbestrijding vrijwel nihil. Wel is er veel ervaring met het gebruik van chemische bestrijdingsmiddelen, zoals rotenon.

Niets doen
In veel wateren waar zonnebaars voorkomt, blijven de dichtheden laag (zie hoofdstuk 4). Voor zover bekend zijn de ecologische effecten in deze wateren gering. Als het bezette water niet in contact staat met andere meer kwetsbare wateren dan is bestrijding van de soort is niet nodig. Uitzondering hierop zijn wateren waar kamsalamander of knoflookpad voorkomt. Deze soorten zijn groot, vaak actief buiten de beschutting van vegetatie en worden snel gepredeerd door vissen (Mondelinge mededeling W. Bosman). Als zonnebaars wordt aangetroffen in het leefgebied van één van deze habitatrichtlijnsoorten dan is bestrijding altijd wenselijk.

In wateren die aan het verlanden zijn, neemt de beschikbaarheid van minerale grond in de loop der tijd af. Hierdoor zal op een bepaald moment voortplantingshabitat van zonnebaars limiterend worden en de soort verdwijnen of zeer schaars worden. Ook in dit type wateren is ingrijpen niet nodig. Als door beheersingrepen, recreatie of natuurlijke dynamiek delen van de oever worden opengehouden, dan biedt dit wel mogelijkheden voor zonnebaars om talrijk te worden. Ingrijpen is in die gevallen wel gewenst.

Afvissen
Het wegvangen van de vissen is uiteraard de meest voor de handliggende methode. Echter, het zal vaak bijzonder lastig blijken om alle vissen te vangen. Als niet alle zonnebaarzen verwijderd kunnen worden, zal de populatie zich vaak snel herstellen en na 3-5 jaar opnieuw gevist moeten worden. Dit gebeurde bijvoorbeeld in 2002 in het Brabantse Rauwven. Dit ven

werd in het najaar grotendeels leeggepompt en vervolgens met schepnetten en zegens afgevist. Naar schatting werden daarbij 5000 zonnebaarzen weggevangen. Een deel van de populatie overleefde de ingreep en plantte zich in 2003 weer massaal voort.

Voor het afvissen zijn veel soorten materialen beschikbaar, zoals schepnetten, zegens, fuiken, electrovisapparatuur etc. De keuze van het te gebruiken vanggerij is sterk afhankelijk van de heersende omstandigheden in het water. Tevens kunnen wellicht vrijwilligers worden ingezet om de zonnebaars te bestrijden. Een geschikte methode om in kleine wateren de dichtheden omlaag te brengen is het gebruik van fuiken. Door deze jaarlijks gedurende ca. 2 maanden in de nazomer te plaatsen en regelmatig te legen (om bijvangsten te voorkomen) kan de predatiedruk op beschermde soorten aanzienlijk worden verlaagd.

In kleine goedtoegankelijke wateren is volledig afvissen soms mogelijk. In andere wateren zal de maatregel regelmatig moeten worden toegepast om de dichtheden laag te houden. Een kansrijke optie is om het afvissen te combineren met andere maatregelen, zoals het uitzetten van roofvis (zie hierboven) of verondiepen van het waterlichaam.

Vergroten van de droogvalfrequentie
Een andere relatief natuurlijke manier om op grote schaal zonnebaars te bestrijden, is het vergroten van de droogvalfrequentie van ondiepe wateren. Vooral in wateren die van nature (vrijwel) geheel droogvallen is dit een geschikte manier om een grote vissterfte te induceren. Deze methode is toegepast in het Rauwven om terugkeer van zonnebaars te voorkomen. Dit ven is in het najaar van 2003 leeggepompt en afgevist, waarbij voor de tweede keer duizenden zonnebaarzen werden gevangen (Foto 7, Bosman, 2003). Vervolgens is het diepste deel van het ven gevuld met zand om er voor te zorgen dat het in zeer droge zomers droogvalt. Sindsdien is het ven vrij van Zonnebaars. Uiteraard leidt het droogleggen van wateren, die normaliter watervoerend blijven, tot onnatuurlijke omstandigheden en schadelijke effecten op andere organismen.

Foto 7: In 2003 is het Rauwven voor een groot deel droog gepompt en zijn zoveel mogelijk vissen gevangen. Dit ven was in de jaren 90 van de vorige eeuw dieper gemaakt om droogval te voorkomen en zo overleving van amfibieën te vergroten. In 2003 is het weer ondieper gemaakt. Aan de rechterkant in de foto is een grote berg zand te zien die daarvoor gebruikt is.

Isolatie van wateren

Het isoleren van wateren is een geschikte maatregel om verspreiding van zonnebaars te voorkomen. Het is toepasbaar in gebieden waar wateren met elkaar in verbinding staan maar waar pas een beperkt deel van de wateren gekoloniseerd is door zonnebaars. De keuze van geschikte ingrepen om isolatie tot stand te brengen is afhankelijk van de wijze waarop de wateren met elkaar in verbinding staan. Migratie van zonnebaars via oppervlakkig afstromend water is moeilijk. Door het opwerpen/ophogen van kades kan de waterstroom worden geconcentreerd in watergangen. Vervolgens kunnen in de watergangen/drainagebuizen roosters worden geplaatst met een kleine maaswijdte die voorkomt. Indien uitsluitend in de winterperiode migratie verwacht wordt, zal een maaswijdte van 1 tot 1,5 cm volstaan. Als er vaker hoge waterstanden zijn dan is een kleinere maaswijdte vereist (ca. 0,5 cm).

In sommige waterrijke gebieden zijn de wateren waar zonnebaarzen zich op grote schaal voortplanten, ruimtelijk gescheiden van de wateren waar hoge natuurwaarden door de soort worden bedreigd. Het verminderen van de uitwisseling van vissen tussen deze locaties kan een geschikte maatregel zijn om de aantallen en schade buiten de voortplantingswateren te beperken. Een voorbeeldgebied waar dit type maatregelen gepland voor 2012 is, is het Mastbos ten zuiden van Breda. In dit natuurgebied zijn enkele jaren geleden antiverdrogingsmaatregelen genomen. Tevens is een drietal landbouwpercelen geplagd, waardoor vennen ontstonden. In deze vennen zijn zonnebaarzen uitgezet, die inmiddels grote populaties hebben gevormd. Vanuit de drie vennen verspreiden de vissen zich bij hoogwater naar andere delen van het gebied, zoals een nabijgelegen complex van veenputjes met hoge natuurwaarden. In dit gebied worden o.a. paden opgehoogd die in de winter overstromen en duikers voorzien van roosters, die niet door vissen

gepasseerd kunnen worden. De verwachting is dat de zonnebaarspopulaties buiten de drie afgegraven vennen binnen enkele jaren door ouderdom zullen verdwijnen.

Gebruik van vissengif
Chemische bestrijdingsmiddelen kunnen gebruikt worden om zonnebaars te bestrijden. Rotenon is de meest bekende piscicide en uitgebreide handleidingen en risicoanalyses zijn hiervoor beschikbaar (Finlayson et al., 2000; Turner et al., 2007). Rotenon is een natuurlijk voorkomend gif dat gewonnen wordt uit vlinderbloemigen. Het is zeer toxisch voor vissen, amfibieënlarven en aquatische ongewervelden, maar vrijwel onschadelijk voor volwassen amfibieën, vogels en zoogdieren. In wateren waar er naast zonnebaars ook nog bijzondere en bedreigde soorten voorkomen kunnen de schadelijke neveneffecten daardoor groot zijn. Een voordeel van de stof is dat het gemakkelijk afbreekt door licht en warmte. Het hoopt niet op in de voedselketen en wordt gemakkelijk door dieren afgebroken en uitgescheiden. De verblijftijd van rotenon varieert van enkele uren in de zomer tot dagen/weken in de winter.

Recentelijk wordt rotenon in toenemende mate ingezet bij de bestrijding van ongewenste vissoorten. Het is gebruikt voor de eliminatie van forel in Australië (Sanger & Koehn 1997; Lintermans 2000). Daarnaast is het ingezet bij de bestrijding van uitheemse karpers en muskietenvisjes (*Gambusia affinis*) (Sanger & Koehn 1997). Het succes waarmee rotenon kan worden gebruikt is afhankelijk van diverse omgevingsfactoren en de moeite die genomen wordt om de stof overal in het waterlichaam te krijgen. De effectiviteit van de methode neemt af bij toenemende grootte en diepte van het water. Ook wordt het bij toenemende submerse plantengroei lastiger om de stof voldoende te verspreiden in waterlichamen waardoor vissen kunnen overleven. Indien er, ondanks mogelijke schade aan andere natuurwaarden, gekozen wordt om deze methode in te zetten kan deze het beste gecombineerd worden met gedeeltelijke drooglegging zodat maar weinig gifstof nodig is en de stof gemakkelijk de vissen kan bereiken.

Dempen en opnieuw aanleggen van poelen
Kleine wateren zijn vaak een belangrijk habitat voor zonnebaarzen. Desalniettemin kan bestrijding van zonnebaars in deze wateren moeilijk zijn. Om ecologische schade te voorkomen is het in sommige gevallen gemakkelijker om bezette poelen te dempen en nieuwe poelen te graven. Bij het graven van de nieuwe poelen is het belangrijk om rekening te houden met mogelijke kolonisatiebronnen. Zo worden de poelen bij voorbaat aangelegd buiten het overstromingsbereik van nabijgelegen beken en niet aangetakt aan mogelijk door zonnebaars bezette watergangen.

4.4 Opbouwen van beheerservaring

Tot op heden is er vrijwel geen ervaring met de bestrijding en controle van zonnebaarspopulaties noch die van andere uitheemse vissoorten. Om te voorkomen dat water- en natuurbeheerders steeds opnieuw zelf moeten bedenken wat de meest geschikte maatregelen zijn, is het belangrijk om van genomen beheersingrepen te leren. Door beheersmaatregelen te combineren met een eenvoudige monitoring van zonnebaarsaantallen kunnen de hierboven beschreven maatregelen geëvalueerd worden. Sommige van de hierboven besproken maatregelen (uitzetten van inheemse predatoren,

gebruik van rotenon en beperken van migratiemogelijkheden) hebben mogelijk negatieve bijwerkingen. Voor deze ingrepen is het van belang de omvang van eventuele schadelijke effecten in beeld te brengen opdat de keuze van maatregelen daarmee rekening gehouden kan worden.

5 Zonnebaars-sleutel

Om problemen met zonnebaarsinvasies te voorkomen en op te lossen en om te helpen bij de keuze van de juiste maatregelen, is in tabel 11 een beslissingssleutel gegeven. De sleutel is bedoeld voor wateren, die een duidelijke begrenzing hebben. Dat zijn alle zoete wateren met uitzondering van rivieren en beken. Maatregelen in deze stromende wateren zijn ook niet nodig, aangezien voortplanting van zonnebaars in beken en rivieren vrijwel niet plaatsvindt. Zonnebaarsdichtheden in stromende wateren kunnen worden beperkt middels ingrepen in de voortplantingswateren die daarmee (regelmatig) in contact staan. Daarvoor zijn de maatregelen in tabel 11 wel geschikt.

Een aantal van de in tabel 11 beschreven maatregelen kunnen bijwerkingen hebben voor andere biota. Deze zijn besproken in hoofdstuk 5.

Tabel 11: Beslissingssleutel voor controle en bestrijdingsmaatregelen in stilstaand wateren.

Type ingreep	**Aanleiding/condities**		**Actie**
Preventie	Regelmatig worden zonnebaarzen en andere exoten uitgezet		- Voorlichting aan omwonenden over gevolgen van introducties - Poelen en vennen op afstand van woonkernen voorrang geven bij onderhoud en beheer.
	Lokale beeksystemen herbergen zonnebaars en kunnen als kolonisatiebron dienen		- Natuurontwikkeling en aanleg van amfibiëenpoelen plannen buiten het inundatiegebied van de beek - Zie ook maatregelen om migratie tegen te gaan
Migratiebeperking	Zonnebaarzen migreren tussen verschillende waterlichamen (bijv. tussen beek en nabijgelegen wateren of via sloten tussen vennen en poelen)		- Voorkom waterstroming en migratie over maaiveld door ophogen van kades en paden - Migratie via watergangen en ontwateringsbuizen tegengaan door daarin roosters te plaatsen - Kleine wateren met weinig andere natuurwaarden kunnen gedempt worden en geïsoleerd van andere wateren opnieuw worden aangelegd
Bestrijding	A) De zonnebaarsdichtheden zijn	- laag, met kwetsbare amfibieën - hoog - laag, zonder kwetsbare amfibieën (kamsalamander, knoflookpad)	- *Ga verder bij B* - *Ga verder bij B* - Niets doen, tenzij een toename wordt verwacht
	B) Waterlichaam is aan het verlanden	- nee, sommige oevers blijven open door recreatie, onderhoud of natuurlijke - ja, langs alle oevers	- *Ga verder bij C* - Niets doen, wordt uiteindelijk ongeschikt voor zonnebaars
	C) Het waterlichaam is	- klein met weinig structuurvariatie (morfologisch en vegetatie)	- Afvissen kan hier succesvol zijn vooral in combiantie met deels leegpompen om toegankelijkheid te vergroten en vissen te concentreren - Als er weinig andere faunistische natuurwaarden zijn, kan onder deze omstandigheden een pisciciде (bijv. rotenon) ingezet worden - Poelen met weinig andere natuurwaarden kunnen worden gedempt en opnieuw worden aangelegd
		- ondiep en valt in droge perioden bijna droog	- Het verhogen van de droogval frequentie is een geschikte methode om zonnebaars te bestrijden. Dat kan door het waterlichaam te verontdiepen of gedurende een droge periode water af te laten
		- anders	- Het is met afvissen of gif vrijwel onmogelijk om alle zonnebaars te bestrijden. Door na de bestrijding snoek uit te zetten, is het mogelijk om zonnebaarsdichtheden permanent te onderdrukken.

Literatuur

Allen KR (1935) The food and migrations of the perch in windermere. Journal of Animal Ecology 4: 264-273.

Angeler DG, Alvares-Cobelas M, Sanchez-Carillo S & M Rodrigo (2002) Assessment of exotic fish impacts on water quality in a degraded semi-arid floodplain wetland. Aquatic Science 64: 76-86.

Banks J (1965) The biology of pike from three lowland waters. Proceedings of the British Coarse fish Conference, Liverpool 2: 29-39.

Beyerle GB (1971) A study of two northern pike - bluegill populations. Transactions of the American Fisheries Society 100: 69-73.

Beyerle GB (1978) Survival, growth and vulnerability to angling of northern pike and walleyes stocked as fingerlings in small lkaes with bluegills or minnows. Special publication of American Fisheries Society 11: 135-139.

Beyerle GB & JE Williams (1968) Some observations of food selectivity by northern pike in aquaria. Transactions of the American Fisheries Society 97: 28-31.

Bosman W (2003) Het Rauwven, een exotisch ven in het beekdal van de Aa. RAVON 15: 33-36.

Brouwer E, Van Kleef H, Van Dam H, Loermans J, Arts G & D Belgers (2009) Effectiviteit van herstelbeheer in vennen en duinplassen op de middellange termijn. Rapport DKI nr. 2009/dki 126-O.

Casal CMV (2006) Global documentation of fish introductions: the growing crisis and recommendations for action. Biological Invasions 8: 3-11.

Cucherousset J, Copp GH, Fox MG, Sterud E, Van Kleef HH, Verreycken H & E Záhorska (2009) Life-history traits and potential invasiveness of introduced pumpkinseed *Lepomis gibbosus* populations in northwestern Europe. Biological Invasions 11 : 2171-2180.

Copp GH & B Cellot (1988) Drift of embryonic and larval fishes, especially *Lepomis gibbosus* (L.) in the Upper Rhône River. Journal of Freshwater Ecology 4: 419–423.

Copp GH, Pathways of ornamental and aquarium fish introductions into urban ponds of Epping Forest (London, England): the human vector. Journal of Applied Ichtyology 21: 263-274.

Copp GH & MG Fox (2007) Growth and life history traits of introduced pumpkinseed (*Lepomis gibbosus*) in Europe, and the relevance to

invasiveness potential. In: Gherardi F (ed) Freshwater Bioinvaders: profiles, Distribution, and Threats. Springer, Berlin, pp 289–306.

Danylchuk AJ & MG Fox (1996) Size and age-related variation in the seasonal timing of nesting activity, nest characteristics, and female choice of parental male pumpkinseed sunfish (*Lepomis gibbosus*). Canadian Journal of Zoology 74: 1834-1840.

Diana (1979) The feeding pattern and daily ration of a top carnivore, the northern pike (*Esox lucius*). Canadian Journal of Zoology 57: 2121-2127.

Doxtater G (1967) Experimental predator-prey relations in small ponds. Progressive Fish-Culturist 29: 102-104.

Finlayson BJ, Schnick RA, Cailteux RL, DeMong L, Horton WD, McClay W, Thompson CW & GJ Tichacek (2000). Rotenone use in fisheries management. American Fisheries Society, Bethesda, maryland.

Fox MG (1994) Growth, density, and interspecific influences on pumpkinseed sunfish life histories. Ecology 75:1157–1171.

Fox MG & AJ Crivelli (2001) Life history traits of pumpkinseed (Lepomis gibbosus) populations introduced into warm thermal environments. Archive fur Hydrobiology 150:561–580.

Frost WE (1954) The food of pike (*Esox lucius*) in Windermere. Journal of Animal Ecology 23: 339-360.

Funk JL, Cleland EE, Suding KN & ES Zavaleta (2008) Restoration through reassembly: plant traits and invasion resistance. Trends in Ecology and Evolution 23: 695-701.

Godinho FN & MT Ferreira (1998) The relative influences of exotic species and environmental factors on an Iberian native fish community. Environmental Biology of Fish. 51: 41–51.

Grimm MP (1980) De samenstelling van de snoekpopulatie in vier Nederlandse wateren. Jaarlijks rapport Organisatie van Binnenvisserij. 1978/1979: 57-81.

Hart PJB & B Connellan (1984) On pike predation in a fishery. Proceedings of the British Coarse fish Conference, Liverpool 1: 182-195.

Janssen ICJM (2000) Monitoring van het Haeselaarsbroek in het brongebied van de Pepinusbeek. Ontwikkelingen in een natuurherstelproject in de Middenlimburgse gemeente Echt. Verslagen Milieukunde nr. 189, Radboud Universiteit, Nijmegen.

Klaar M, Copp GH & R Horsfield (2004) Autumnal habitat use of non-native pumpkinseed *Lepomis gibbosus* and associations with native fish species in small English streams. Folia Zoologica 53(2): 198-202.

Klein Breteler JGP & GAJ De Laak (2003). Lengte-gewicht relaties Nederlandse vissoorten. Deelrapport 1, versie 2. OVB-onderzoeksrapport OND00074, Nieuwegein.

Klemetsen A (1973) Palagic, plankton eating perch. Astarte 6: 27-33.

Laak GAJ & WAM Emmerik (2006) Kennisdocument snoek, *Esox lucius* (Linnaeus, 1758). Kennisdocument 13. Sportvisserij Nederland.

Lawler GH (1965) The food of pike (*Esox lucius* L.) in Heming Lake, Manitoba. Journal of the Fisheries Research Board of Canada 22: 1357-1377.

Le Cren ED (1951) The length-weight relationship and seasonal cycle in gonad weight and condition in the perch (*Perca fluviatilis*). Journal of Animal Ecology 20:201–219.

Le Louarn H & DJ Webb (1998) PH negative effects of extreme environmental pH on embryonic and larval development of the pike *Esox lucius* L. Environmental factors and fish biology: conference IFR 43 Federative Institute for Research for Fish Biology and Ecology.

Lintermans M (2000) Recolonization by the mountain galaxias *Galaxias olidus* of a montane stream after the eradication of rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*. Marine and Freshwater Research 51: 799-804.

Lux FE & LL Smith (1960) Some changes affecting seasonal angler catch in a Minnesota Lake. Transactions of the American Fisheries Society 89: 67-79.

Mauck WL & DW Coble (1971) Vulnerability of some fishes to northern pike (*Esox lucius*) predation. Journal of the Fisheries Research Board of Canada 28: 957-969.

Munro WR (1957) The pike of Loch Coin. Freshwater and Salmon Fisheries Research16, 16pp.

Nursall's JR (1973) Some behavioural interactions of spottail shiners (*Notropsis hudsonius*), yellow perch (*Perca flavescens*), and northern pike (*Esox lucius*). Journal of the Fisheries Research Board of Canada 30: 1161-1178.

Paat AJP (1988) Synopsis of the biological data on the Northern pike, Esox lucius Linnaeus, 1758. FAO Fish. Synop. (30) Rev. 2.

Sanger AC & JD Koehn (1997) Use of chemicals for carp control. In Roberts J & Tilzey R (Eds). Controlling carp: exploring the options for Australia. Proceedings of a workshop 2-24 October 1996, Albury. Canberra, CSIRO.

Sportvisserij Nederland (2006) Soortprofiel Zonnebaars. Sportvisserij Nederland, Bilthoven.

Tomoček J, Kováč V & S Katina (2007) The biological flexibility of the pumpkinseed: a successful colonizer throughout Europe. In: Gherardi F (Ed.) Biological invaders in inland waters: profiles, distribution, and threats. Springer. Pp. 307-336.

Thorpe J (1977) Synopsis of the biological data on the perch, *Perca fluviatilis* Linnaeus, 1758 and *Perca flavescens* Mitchill 1814. FAO Fish. Synop. 113.

Thorpe JE (1977) Daily ration of adult perch, *Perca fluviatilis* L. during summer in Loch Leven, Kinross, Scotland. Journal of Fish Biology 11.

Tilman D (2004) Niche tradeoffs, neutrality, and community structure: A stochastic theory of resource competition, invasion, and community assembly. PNAS 101: 10854-10861.

Turner L, Jacobson S & L Shoemaker (2007) Risk Assessment for Piscicidal Formulations of Rotenone. Compliance Services International, Lakewood.

Trippel EA & HH Harvey (1987) Reproductive responses of five white sucker (*Catostomus commersoni*) populations in relation to lake acidity. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 44:1018–1023.

Van Kleef H, Van der Velde G, Leuven RSEW & H Esselink (2008) Pumpkinseed sunfish (*Lepomis gibbosus*) invasions facilitated by introductions and nature management strongly reduce macroinvertebrate abundance in isolated water bodies. Biological Invasions 10: 1481-1490.

Van Kleef HH & J Van Delft (2012) Naar bestrijdingsmogelijkheden van de Zonnebaars. De Levende Natuur 113: 40-44.

Vostradowsky J (1981) The biology (size, growth, food) of pike (*Esox lucius* L.) in three Czech resevoirs. Verhandlungen der Internationalen Vereinigung fur Theoretische und Ungewandte Limnologie 21:1264-1269.

Wagner WC (1972) Utilization of alewives by inshore piscivorous fishes in Lake Michigan. Transactions of the American Fisheries Society 101: 35-63.

Welcomme, R.L., 1988. International introductions of inland aquatic species. FAO fisheries technical paper no. 294. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.

Willemsen (1965) Het voedsel van de snoek. Visserij 18: 298-305.

Willemsen (1967) Voedsel en groei van snoek. Visserij 20: 72-75.

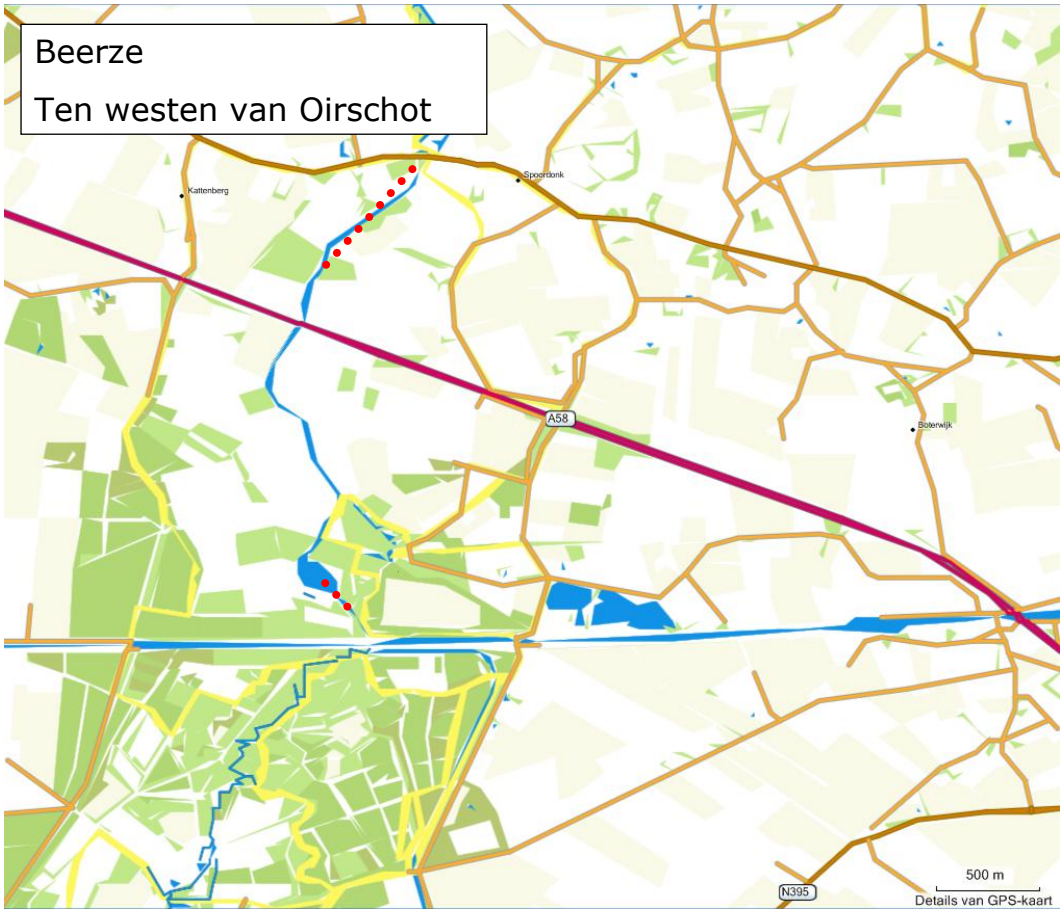
Willemsen (1967a) Research on the feeding of pike. Proceedings of the British Coarse fish Conference, Liverpool 3: 33-36.

Wolfert DR & TJ Miller (1978) Age, growth and food of northern pike in eastern lake Ontario. Transactions of the American Fisheries Society 107: 696-702.

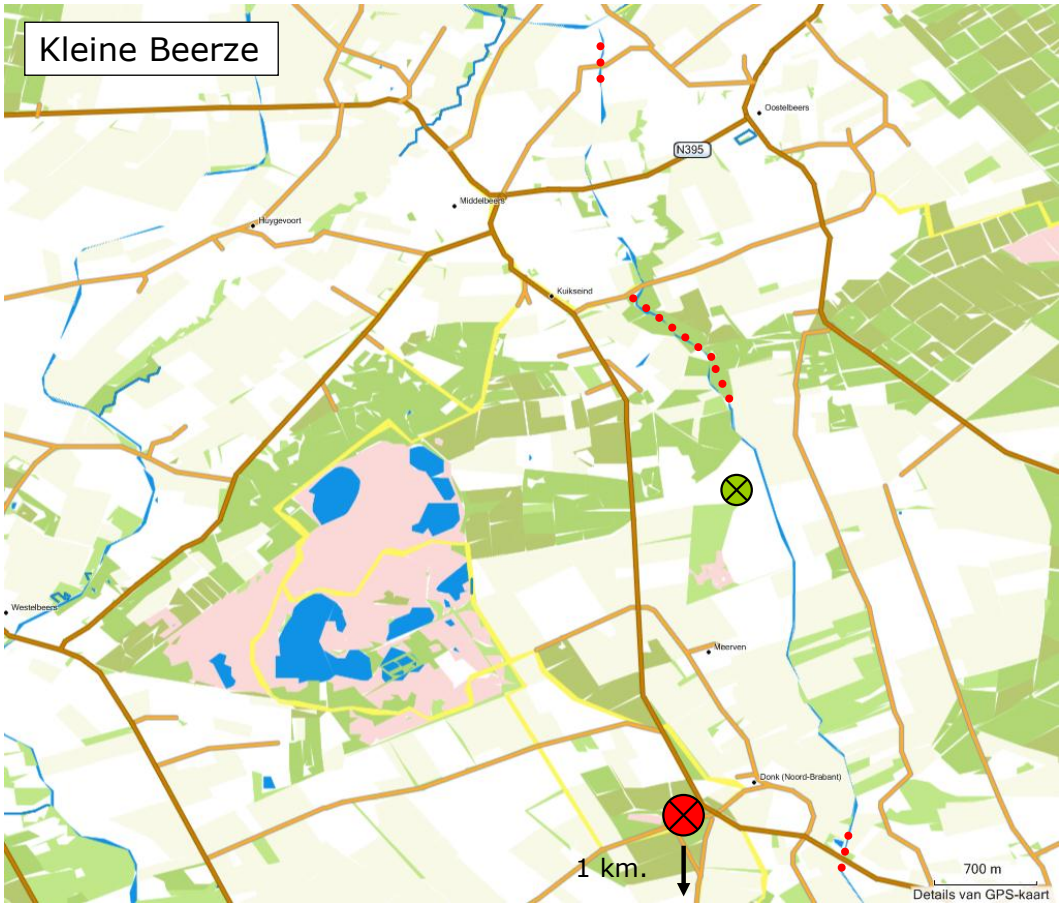
Zadul'skaya EA (1960) Feeding and food relationships of predatory fishes in the northern part of Rybinsk reservoir. Translated from Russian. Washington DC, Technical Services of the US, Department of Commerce.

Bijlage 1 Ligging van beektrajecten voor nestkuilenonderzoek

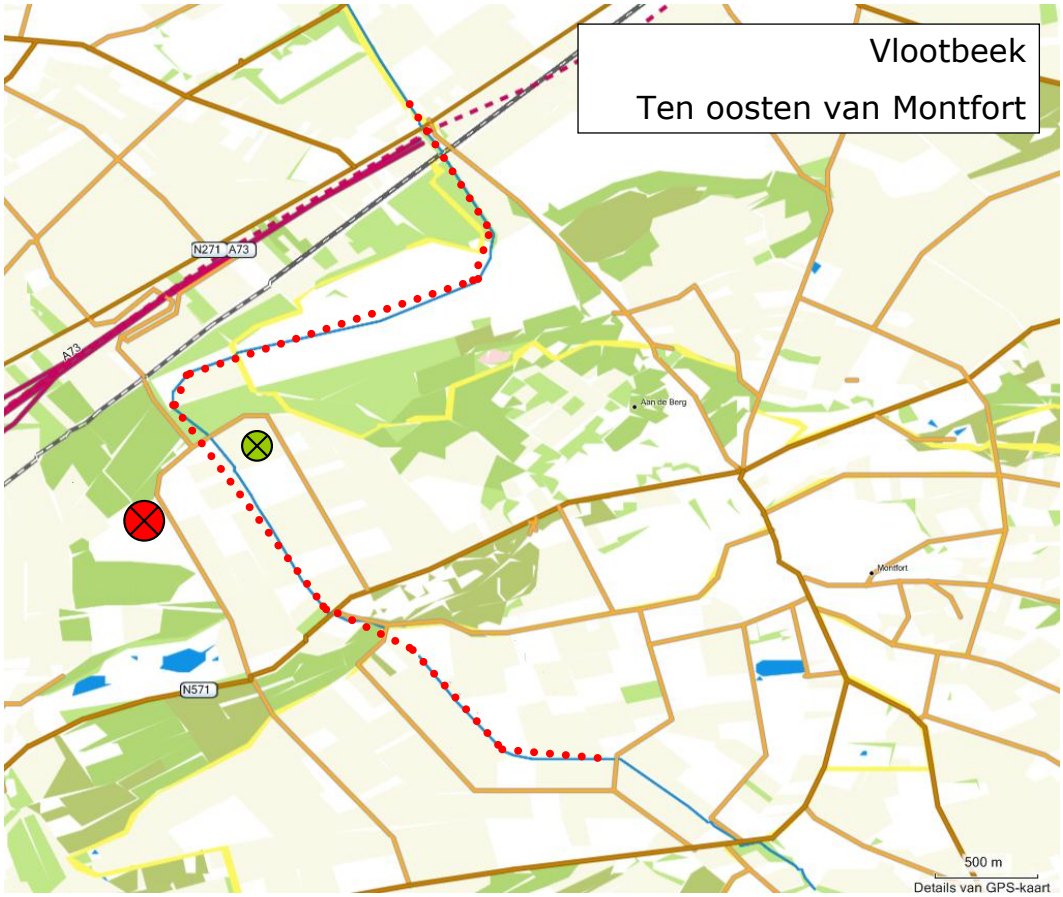
Rode stippellijn: Onderzocht beektraject



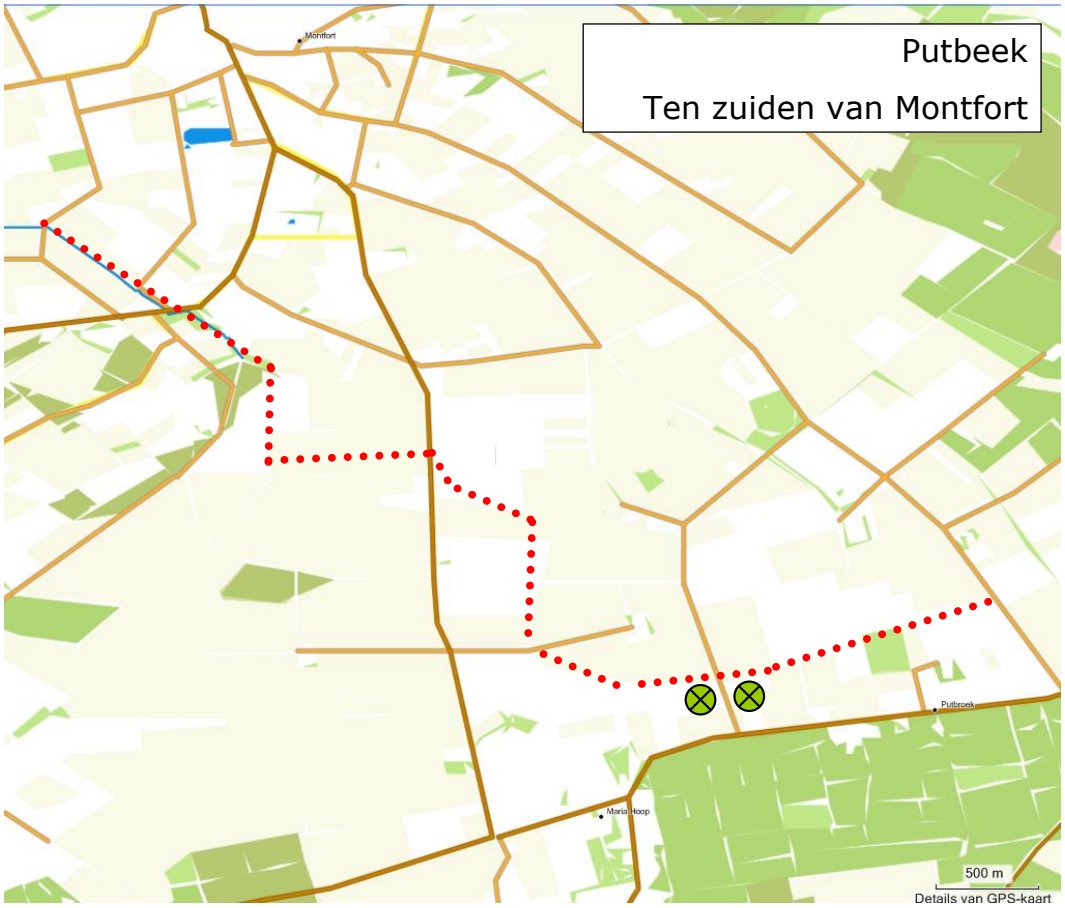
Rode stippellijn: Onderzocht beektraject



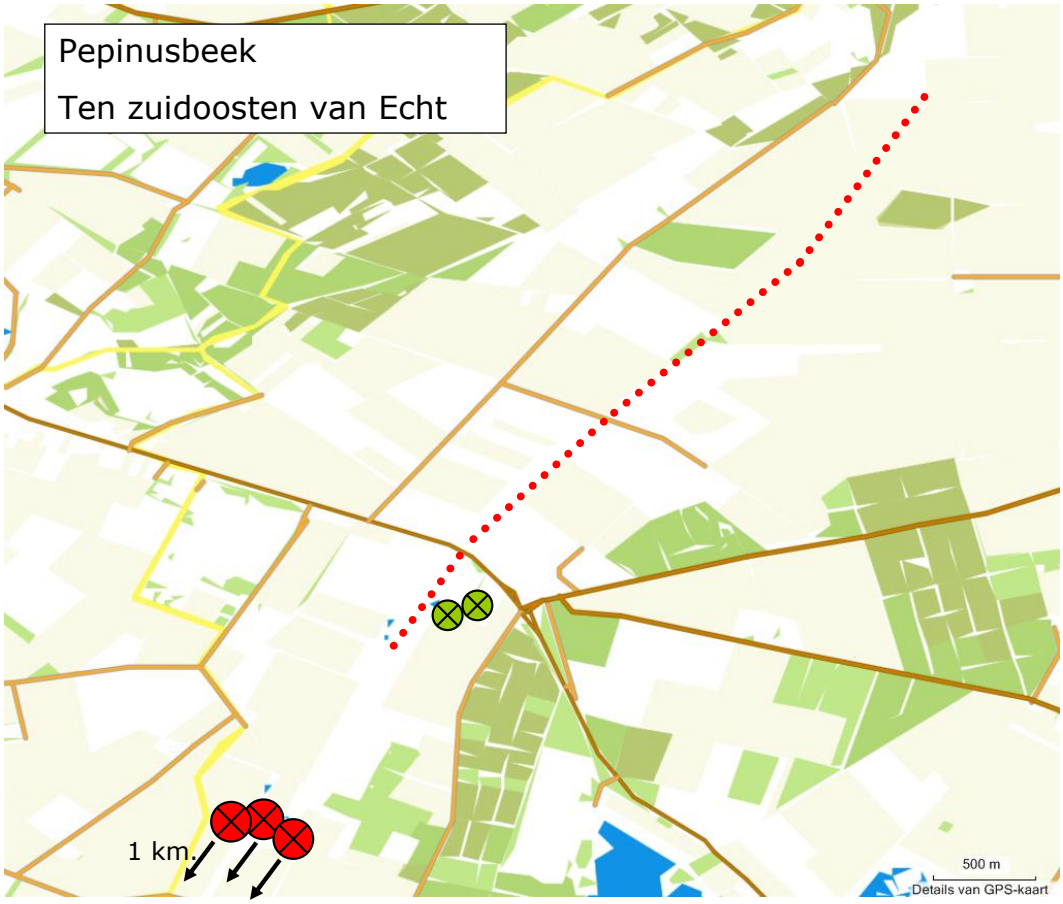
Rode stippellijn: Onderzocht beektraject
Cirkel: Poelen die afwateren op de beek. Rood: met zonnebaars. Groen: zonder zonnebaars.



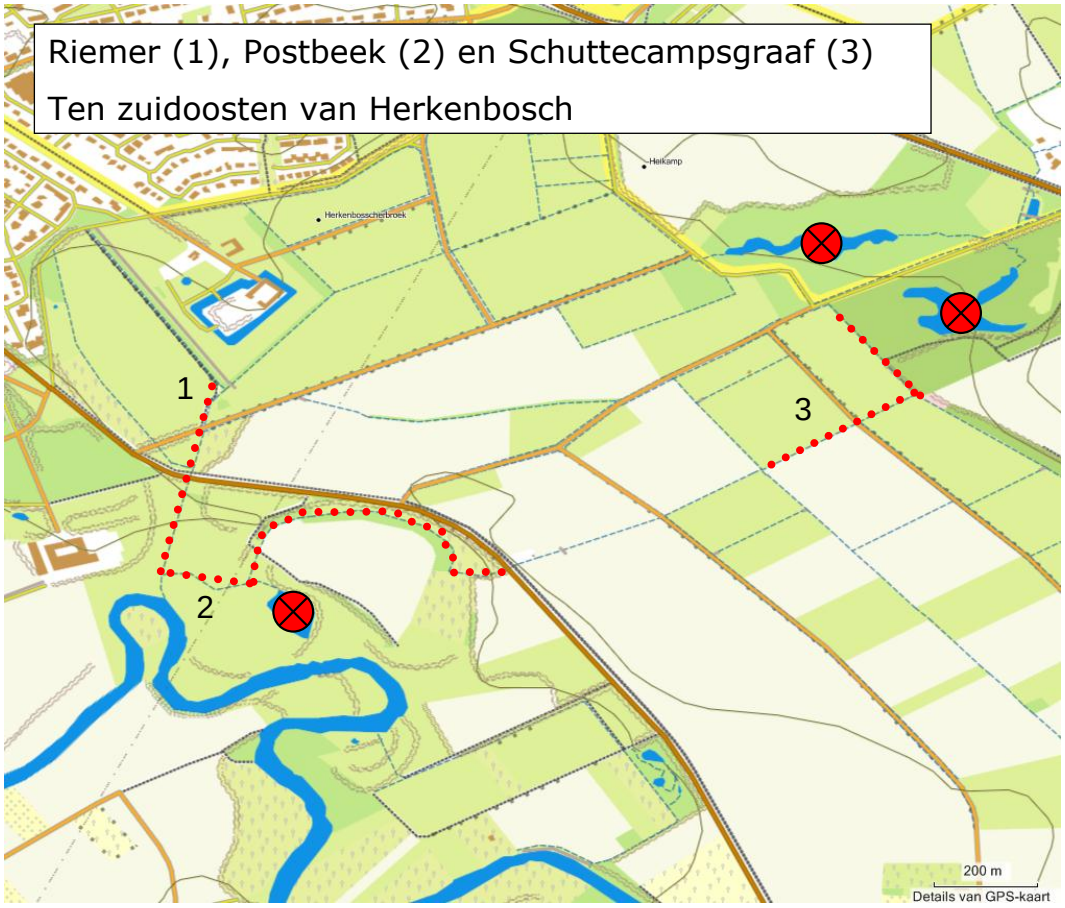
Rode stippellijn: Onderzocht beektraject
Cirkel: Poelen die afwateren op de beek. Rood: met zonnebaars. Groen: zonder zonnebaars.



Rode stippellijn: Onderzocht beektraject
Cirkel: Poelen die afwateren op de beek. Groen: zonder zonnebaars.



Rode stippellijn: Onderzocht beektraject
Cirkel: Poelen die afwateren op de beek. Rood: met zonnebaars. Groen: zonder zonnebaars.



Rode stippellijn: Onderzocht beektraject
Cirkel: Poelen die afwateren op de beek. Rood: met zonnebaars.