

Effektvurdering af åleudsætninger opstrøms Vestbirk Vandkraftværk, Gudenåen

Michael I. Pedersen, Gorm Rasmussen og Niels Jepsen

DTU Aqua-rapport nr. 451-2024





Effektvurdering af åleudsætninger opstrøms Vestbirk Vandkraftværk, Gudenåen

Michael I. Pedersen, Gorm Rasmussen og Niels Jepsen

DTU Aqua-rapport nr. 451-2024

Kolofon

Titel:	Effektvurdering af åleudsætninger opstrøms Vestbirk Vandkraftværk, Gudenåen
Forfattere:	Michael I. Pedersen, Gorm Rasmussen og Niels Jepsen
DTU Aqua-rapport nr.:	451-2024
År:	Rapporten er udgivet marts 2024
Reference:	Pedersen, M.I., Rasmussen, G. & Jepsen, N. (2024). Effektvurdering af åleudsætninger opstrøms Vestbirk Vandkraftværk, Gudenåen. DTU Aqua-rapport nr. 451-2024. Institut for Akvatiske Ressourcer, Danmarks Tekniske Universitet. 27 pp. + bilag
Forsidefoto:	Blankål fanget i fiskefælde ved Vestbirk Vandkraftværk. Foto: Michael I. Pedersen.
Udgivet af:	Institut for Akvatiske Ressourcer, Danmarks Tekniske Universitet, Vejløsvej 39, 8600 Silkeborg
Download:	www.aqua.dtu.dk/publikationer
ISSN:	1395-8216
ISBN:	978-87-7481-386-6

DTU Aqua-rapporter er afrapportering fra forskningsprojekter, oversigtsrapporter over faglige emner, redegørelser til myndigheder o.l. Med mindre det fremgår af kolofonen, er rapporterne ikke fagfællebedømt (peer reviewed), hvilket betyder, at indholdet ikke er gennemgået af forskere uden for projektgruppen.

Indholdsfortegnelse

1.	Resumé	4
2.	English abstract.....	5
3.	Baggrund.....	6
3.1	Formål.....	6
3.2	Ålens biologi.....	6
4.	Materialer og metoder	8
4.1	Øvre Gudenå.....	8
4.2	Mærkning og udsætning.....	8
4.3	Fiskefælden.....	10
4.4	Genfangsteffektivitet.....	11
4.5	Beregning af vækst, overlevelse og udbytte.....	11
5.	Resultater	13
5.1	Udvandring af blankål.....	13
5.2	Genfangster	14
5.3	Overlevelse	14
5.4	Vækst.....	15
5.5	Kønsfordeling	19
5.6	Udbytte pr. udsat ål	19
6.	Diskussion	20
6.1	Overlevelse af udsatte ål.....	20
6.2	Migration fra udsætningsområdet i gulål-stadiet.....	21
6.3	Overlevelsen i forhold til udsætning i hovedløb og mindre tilløb	21
6.4	Udbytte pr. sætteål i øvre Gudenå	22
6.5	Udvandring til Kattegat.....	22
7.	Konklusion.....	23
8.	Referencer.....	24
9.	Tak til og finansiering	27
10.	Bilag.....	28
	Bilag 1. Udsætningslokaliteter i Gudenåens hovedløb og tilløb år 2001 og 2002.....	28
	Bilag 2. Alder på nedvandrende blankål	30
	Bilag 3. PIT-mærker fra ål indsamlet i skarvkolonier og på fuglerastepladser	31
	Bilag 4. Teoretisk beregning af overlevelsen fra udsætninger i øvre Gudenå	32

1. Resumé

Som led i EU's genopretningsplan for ål, udsættes omkring 1,5 millioner sætteål i danske ferskvandsområder om året. Viden om udkommet af disse udsætninger er mangelfuld. Formålet med denne undersøgelse har derfor været at belyse effekten af udsætninger i den del af Gudenåen, der ligger opstrøms Vestbirk Vandkraftværk. I forsøgsområdet er den naturlige indvandring af yngel meget begrænset og ved Vestbirk Vandkraftværk findes en fiskefælde som kan tilbageholde fisk, der vandrer nedstrøms fra området.

I 2001 og 2002 blev der opstrøms Vestbirk Vandkraftværk udsat i alt 77.151 ål mærket med et, for øjet usynligt, CW-mærke (Coded Wire). Fiskene blev udsat i to størrelsesgrupper, henholdsvis små (2,8 gram) og store (9,5 gram). Begge størrelsesgrupper blev det første år udsat i Gudenåens hovedløb og det efterfølgende år i Gudenåens tilløb. Fiskefælden blev drevet og registrerede nedtrækkende blankål i årene 2001-2020. Projektet ophørte som følge af den planlagte lukning af vandkraftværket i 2021.

Den første blankål med et CW-mærke blev genfanget i fiskefælden ved Vestbirk Vandkraftværk i år 2007. I årene frem til 2020 blev der genfanget i alt 712 mærkede blankål. Kønsfordelingen på de genfangede ål var 27 % hanål i størrelsen 33-42 cm (62-155 gram) og 73 % hunål i længden 45-90 cm (174-940 gram).

Fældens effektivitet blev beregnet til 37 % for alle blankål, som er vandret nedstrøms fra udsætningsområdet, og den totale nedvandring af udsatte ål blev dermed estimeret til 1.924 blankål. Det svarer til en samlet overlevelse på 2,49 % af de 77.151 ål, som blev sat ud.

Overlevelsen af de "store" ål var gennemsnitlig 2,51 % og de "små" ål 2,38 %. De små 2,8 grams ål har nogenlunde samme overlevelse i 2001 (2,33 %) som i 2002 (2,43 %), men overlevelsen for de store ål er næsten dobbelt så høj i 2001 (3,11 %) i forhold til 2002 (1,87 %), hvilket indikerer signifikant højere overlevelse ($P < 0,001$), når store ål udsættes i Gudenåens hovedløb i modsætning til de mindre tilløb.

Den gennemsnitlige årlige længdetilvækst, i de to størrelsesgrupper var mellem 2,9 for små ål og 3,4 cm/år for store ål og var ikke signifikant forskellig ($P = 0,1542$). Hunålenes årlige længdetilvækst er derimod signifikant større end hanålenes ($P = 0,007$).

Bruttoudbyttet pr. udsat ål er positivt for begge størrelsesgrupper, men opgøres udbyttet som nettoudbytte, dvs. fratrukket den udsatte biomasse, er nettoudbyttet positivt for de små udsætningsål (3,3 og 3,4 gram pr. gram udsat ål), men negativt for de store udsætningsål -1,6 og -4,5.

Den totale overlevelse af udsatte ål og dermed udbyttet var mindre end i fjordområder som Roskilde Fjord og Karrebæk Fjord, hvilket kan tilskrives en højere dødelighed i Gudenå grundet langsommere vækst og længere levealder i kombination med prædatorer i området som odder og skarv.

2. English abstract

To meet the EU's recovery plan for eels, about 1.5 million on-grown eels (2-5 g) are stocked into fresh-water areas in Denmark annually. Knowledge about the effect of stocking is insufficient. The purpose of this study has therefore been to shed light on the effect of stocking eel in the upper part of river Gudenå. In the experimental area, the natural immigration of elvers is limited and a fish trap at Vestbirk Hydropower can retain fish that migrate downstream from the upstream rearing area.

In 2001 and 2002, a total of 78,633 eels were stocked with an invisible CW (Coded Wire) tag. The fish were released in two size groups of 2.8 grams and 9.5 grams respectively. The 2001 release was in the main stem of the river and in 2002 it was in tributaries. After 6 years, the first eel with a CW-tag was recaptured in the fish trap. In the years from 2007 until 2020, 712 tagged eels were recaptured. The gender distribution of the recaptured eels was 27% males at length 33-42 cm (62-155 g) and 73% were females at length 45 to 90 cm (174-940 g).

The catch efficiency of the trap was estimated to be 37% of all eels migrating from the release area and the total migration was thus estimated to be 1,924 silver eels. This corresponds to a total survival of 2.45% of the 78,633 eels that were released. The survival of the "large" eels averaged 2.51% and the small eels 2.38%. The small 2.8 gram eels have roughly the same survival in 2001 (2.33%) as in 2002 (2.43%), but the survival of the large eels is almost double as high in 2001 (3.11%) compared to 2002 (1.87 %), which indicates higher survival when large eels are released into the Gudenå's main stem contrary to release into the tributaries ($P < 0,001$).

The average annual growth in length in the two size groups were similar between 2.9 and 3.4 cm/year for small versus large eel respectively and were not significantly different ($P = 0,1542$). The average annual growth in length were significantly faster for females compared to males ($P = 0.007$).

The gross yield per released eel is positive for both size groups, but if the yield is calculated as net yield, i.e. minus the released biomass, the net yield is positive for the small, released eels (3.3 and 3.4 g per stocked eel) but negative for the large, released eels (-1.6 and -4.5 gram per released eel).

The total survival and thus the yield was less than what was documented in similar studies e.g. marine Fjord areas, which possibly can be attributed to slower growth and higher age and the presence of predators, cormorants, and otters, in the river Gudenå.

3. Baggrund

Mængden af åleyngel som ankommer til Europas kyster fra Sargassohavet, har været aftagende fra slutningen af 1970'erne og frem til 2011. Rekrutteringen af glasål i 2022 var i området "North Sea" 0,7 % og området "Elsewhere Europe" 11,3 % i forhold til niveauet i perioden 1960 – 1979. Rekrutteringen af juvenile gule ål til Europas ferskvandssystemer var i 2022 på 9 % af 1960-1979 niveauet (ICES 2023).

For at genoprette ålebestanden udsendte EU en forordning (EU 2007), der pålagde alle medlemslande at udarbejde og implementere forvaltningsplaner for deres ålevande med det mål at 40 % af den oprindelige biomasse af blankål skulle vandre mod gydepladserne. I den danske forvaltningsplan (EMP 2008) forsøges biomasse-målet på 40 % opnået gennem begrænsning af fiskeriet og anden dødelighed, samt udsætning af yngel.

Der udsættes således i Danmark årligt omkring 1,5 million stk. åleyngel (Pedersen M.I. 2023). Udsætningsmaterialet stammer fra glasålfiskerier overvejende i Frankrig og i mindre omfang fra Spanien og Portugal. Danske dambrugere opkøber glasål og fragter dem til Danmark. Før udsætning bliver de opfodret til en vægt på 2-5 gram, hvilket tager ca. 3-6 måneder. Inden udsætning foretager de veterinære myndigheder sygdomskontrol for vira og svømmeblæreprasitten (*Anguillicola crassus*).

Effekten af at udsætte ål fra udsætning til blankålstadiet har været undersøgt i søer som Loch Neagh i Nord Irland (Allen et al. 2006), Lake Fardume tråsk på Gotland (Wickstrøm et al. 1996), og i Sønderø en 6 ha stor sø, på Djursland (Pedersen 2000), som alle har vist et positivt udbytte af udsætninger ved høj vækst og overlevelse. I marine områder har udsætningsforsøg ligeledes vist høje vækstrater og overlevelse og deraf et positivt udbytte e.g. Roskilde Fjord (Pedersen 2010; Pedersen og Rasmussen 2015) og Karrebæk Fjord (Christoffersen et al. 2019). Effekten af udsætninger i vandløb har været fokuseret på vækst og overlevelse inden for de første år efter udsætning e.g. Berg og Jørgensen (1994), Bisgaard og Pedersen (1991), og Pedersen (2009). Derimod er langtidseffekten af udsætninger i vandløb, fra udsætning som yngel til blankål der søger mod havet, ikke tidligere beskrevet.

3.1 Formål

Det har været formålet med denne undersøgelse at belyse udkommet af udsætninger fra ålene blev sat ud til de forlader et opvækstområde som blankål, herunder vækst, overlevelse, køn og udbytte i biomasse. Ligeledes vil vi vide om udsætningsstørrelsen (2,8 gram versus 9,5 gram) har betydning for udbyttet af udsætningerne, og om der er forskel på overlevelsen hvis ålene bliver sat ud i åens hovedløb i forhold til de mindre tilløb.

3.2 Ålens biologi

Gydeområde

Ålens gydeområder findes i Sargassohavet i det sydvestlige hjørne af Atlanterhavet. Den spæde åleyngel ankommer herfra til de danske kystområder i løbet af vinteren og det tidlige forår. Ynglen er bragt hertil af de fremherskende strømsystemer (Golfstrømmen), og ynglen har tilbagelagt en afstand af cirka 5.000 kilometer. I februar og marts findes pelagiske glasål i Skagerrak og det nordlige Kattegat.

Indvandring af yngel fra havet

Ved ankomsten til de danske kyster er åleyngelen 1-2 år gammel og forvandles hen over foråret og sommeren fra pelagiske (frit svømmende) glasål til bundlevende pigmenterede gule ål. De små gule ål forbliver enten på lavt vand langs kysterne eller vandrer op i ferskvand. Indvandringen til ferskvand foregår, når vandtemperaturen er over ca. 10°C, sædvanligvis fra april til ud på sommeren. De gule ål søger opstrøms og leder efter egnede opvækstområder. Det er kendt at i f.eks. Gudenåen er der flere ål i de nedre dele af vandløbet end i de øvre dele (Nielsen J. 1987). Det skyldes formentlig at søerne i de nedre dele er velegnede opvækstområder og ålene forbliver der, indtil de vandrer tilbage til havet som blankål.

Blankål

Det er ålens længde og fedtindhold der afgør, hvornår en gul ål forvandles til blankål (Larsson et al. 1990). Forvandlingen sker hen over sommeren og er en tilpasning til den oceaniske vandring mod gydepladserne i Sargassohavet, øjnene bliver gradvist større, den gule bug bliver sølvhvid, ålens sider bliver bronzefarvede og bugen bliver fast. Den blanke ål tager ikke føde til sig og den inaktive tarm omdannes til et osmoregulatorisk organ, der regulerer fiskens saltbalance og udskiller overskydende salt under vandring i saltvand.

Blankålens vandring mod havet foregår hovedsageligt i løbet af efteråret, men der foregår også en mindre udvandring om foråret. Faldende vandtemperatur om efteråret og kortere dagslængde kombineret med stor vandføring får blankålene til at vandre med strømmen ud mod havet. Især i større vandsystemer og langs kysterne spiller månens lys en rolle for, hvornår vandringen foregår, og vandringen er normalt størst i månemørkerne og mindst ved fuldmåne fordi ålen er lyssky (Vøllestad et al. 1986).

Vækst

De hurtigst voksende ål forlader som de første opvækstområderne som blankål og efterlader de langsomt voksende individer i vandsystemet. Det betyder, at den gennemsnitlige længdetilvækst for en bestemt årgang er aftagende med alderen (Rasmussen og Pedersen 2023).

Køn

Ålens køn kan afgøres ud fra længden. En blankål som er mellem 30 og 42 cm lang er en han. En blankål større end 45 cm, er en hun. Blankål med en længde i intervallet 42-45 cm kan være både hunner og hanner.

Bestandsudvikling

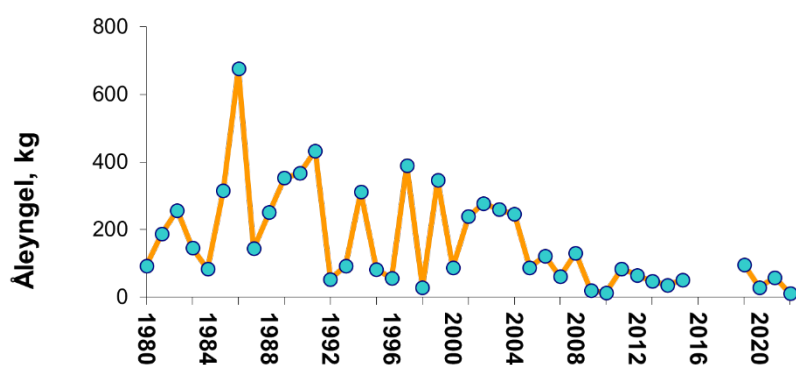
Den aftagende mængde af yngel siden slutningen af 1970'erne skyldes formentlig et samspil af faktorer, og er bl.a. en konsekvens af udviklingen inden for landbrug og industri. Tørlægning af vådområder, regulering af vandsystemer ved udretning og opførelse af stemmeværker med tilknyttede vandpumper og vandkraftturbiner, forurening med miljøfremmede stoffer, samt spredning af svømmeblæreparasitten *Anguillicola crassus*. Ændringer i oceaniske strømforhold er yderligere en faktor, som kan betyde forringet overlevelse for ålelarver inden ankomsten til Europas kyster. Ligeledes kan en kraftigt voksende bestand af prædatorer også have en betydelig negativ effekt. Den nyeste bestandsvurdering fremgår af ICES (2023).

4. Materialer og metoder

4.1 Øvre Gudenå

Gudenåen er 149 km lang og afvander et opland på 2.643 km². Øvre Gudenå udgør den del af åen der ligger mellem udspringet i Tinnet Krat og ned til Mossø. I øvre Gudenå findes enkelte opstemmede søer ved Hammer Mølle (Møllesø), Vestbirk Vandkraftværk (Naldal, Bredvad og Vestbirk Sø) samt to naturlige søer i Mattrup Å (Halle og Stigsholm Sø).

Siden 1980 har indvandringen af åleyngel været målt ved Tange Vandkraftværk (Figur 1). Her udgør indvandringen af juvenile gule ål i gennemsnit 167,5 kg/år. I de sidste 10 år (2012-2022) er der gennemsnitligt målt en opgang på 39,9 kg om året.



Figur 1. Åleopgang registreret fra 1980-2022 i ålepasset ved Tange værket.

Udbredelsen af ål i Gudenåsystemet har været begrænset, især opstrøms Tange Sø, og i 1985 fandtes ål kun på 6,4 % af elektrobefiskede stationer i Gudenåens tilløb (Nielsen 1987; Rasmussen 1977). For at udnytte Gudenåen som opvækstområde for ål, har der været udsat ål i øvre Gudenå. I 1987, 1988 og 1992 er der i Gudenå udsat i alt 1,7 millioner stk. ål i størrelsen 0,3-1,1 gram (Berg 1988; Berg & Jørgensen 1994). Inden ovennævnte udsætninger har Rye Nørreskov gods udsat store mængder glasål i godsets fiskevand opstrøms Ry Mølle Sø (Pers. Opl. tidligere Skytte J. Wagner, Rye Nørreskov). Glasålene anvendt ved Rye Nørreskovs udsætning blev opkøbt ved Højer sluse, hvor der fra 1968 til 1990 var et glasålsfiskeri (Pedersen 2002).

4.2 Mærkning og udsætning

Sætteål blev opkøbt på Steensgård Åledambrug, Randbøl i 2001 og 2002 og derfra fragtet til Dansk Center for Vildlaks (DCV) i Randers. Her blev ålene bedøvet med Chlorbutanol (0,05 % opløsning) og mærket med kodede wire mærker (CW). Mærkningen foregik med en automatisk mærkemaskine, Figur 2a (Northwest Marine Technology MK IV).



Figur 2a. Automatisk mærkemaskine.



Figur 2b. Kodet wire mærke (CW) med serie nr.



Figur 2c. Placering af CW-mærket på ålen og V-scanner anvendt til at detektere CW-mærkede fisk.

Mærkerne (CW) var 1,1 mm lange og 0,25 mm tykke og selve mærket bestod af magnetiseret rustfrit stål med en variabel seriekode (Figur 2b), hvorved de fire grupper kunne adskilles ved genfangst.

Mærket blev skudt ind i rygmuskulaturen ca. midt på ålen over gattet (Thomassen et al. 2000). Thomassen et al. (2000) har vist at 100 dage efter mærkning, fandtes mærket stadig i fisken på 96,9 % på små 3 g's ål og 99,3 % hos store 9 g's ål. Det forventede mærketab på 3,1 % (små) og 0,7 % (store) er indregnet i Tabel 2 og Tabel 5. Det samlede antal udsatte ål med et CW-mærke er således nedskrevet fra 78.633 til 77.151 ål med et CW-mærke. Der blev udsat 2 udsætningsstørrelser på henholdsvis 2,8 gram og 9,4 – 9,5 grams ål (Tabel 2).

Ålene blev udsat i Gudenåen opstrøms Vestbirk vandkraftværk fordelt over to år, så der i alt er 4 adskilte udsætningspuljer. I 2001 blev ålene udsat i Gudenåens hovedløb og i 2002 i mange små tilløb til Gudenåen (se Bilag 1). I Gudenåens hovedløb blev ålene udsat fra båd ved at sejle ned ad åen, samtidig med at ålene blev udsat i en lind strøm fra en spand. I tilløbene er ålene udsat ved at vade i åen og fordele ålene over en opmålt strækning, se udsætningernes fordeling i Bilag 1.

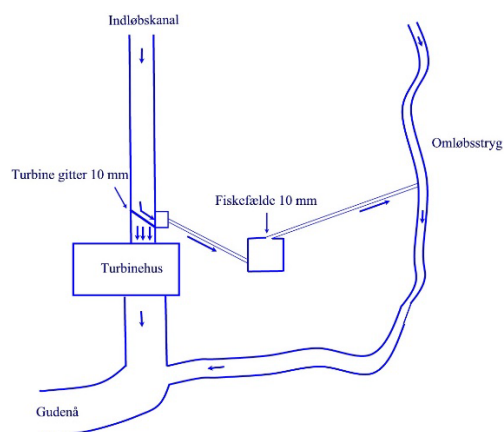
4.3 Fiskefælden

Når ålene er færdige med at vokse (gulål-stadiet) og nærmer sig kønsmodning, ændrer de udseende. De bliver sorte på ryggen, bronzeagtige på siden og hvide på bugen og betegnes nu blanke ål. De søger nedstrøms mod havet.

Fiskefælden ved Vestbirk Vandkraftværk tilbageholder de fisk, der vandrer sammen med det vand, som føres til turbinerne. Turbinerne var afskærmet med et 10 mm gitter, og fisk ved gitteret bliver ledt ned i en fiskefælde. Gudenåens vand ved Vestbirk Vandkraftværk fordeler sig ved, at ca. 75 % af vandet løber til turbinerne og ca. 25 % løber uden om Vandkraftværket i et omløbsstryg (se Figur 3).

I årene 2001 til 2020 er der hvert efterår fra starten af september til midten af december blevet registreret hvor mange mærkede ål, der blev fanget i fælden og dermed et estimat på antallet af ål, der udvandrede fra udsætningsområdet. I årene 2002-2006 har det været undersøgt, hvor mange der udvandrede fra 1. juni til medio december, og fra 2007-2020 kun i efterårsmånederne september-december (Tabel 1). Fiskefælden blev tømt ca. hver tredje dag. Fælden (Figur 3) var konstrueret så vandet, ved tømning, kunne ledes væk og fiskene i fælden blev samlet i en fordybning i det ene hjørne af fælden. Her blev fiskene fanget med en ketcher og antal og stadie (gulål eller blankål) blev noteret ved hver tømning af fælden. De fangede ål blev herefter gemt i en netpose for senere registrering af længde, vægt og check for CW-mærker. I årene 2006 -2020 blev der foretaget PIT-mærkning (23 mm) af alle blankål heriblandt blankål som var CW-mærket. Alle håndterede ål blev sat ud i åen nedstrøms Vandkraftturbinerne.

En V-scanner (Figur 2c) kan registrere om fisken er mærket, men ikke hvilken identitet (udsætningsgruppe) fisken har. En delmængde af de registrerede CW-mærkede ål blev taget med hjem og aflivet ved en overdosis Benzocain og CW-mærket blev uddissekeret og aflæst under en stereolup med 20-40 ganges forstørrelse.



Figur 3. I venstre side ses principskitse af indløbskanal og omløb ved Vestbirk Vandkraftværk (ikke målfast). I højre side ses et fotografi af fiskefælden med tromlefilter placeret der hvor vandet løber ud af fælden.

Ålen er lyssky og vandrer kun om natten, og fiskefælden har derfor kun været aktiv om natten. Om dagen ledes der ingen vand gennem fiskefælden. Turbinerne kører døgnet rundt og eventuelle vandrende fisk kan på grund af gitteret foran turbinerne ikke forlade indløbskanalen før mørket falder

på. Et 10 mm gitter tilbageholder teoretisk blankål over 26 cm (Pedersen og Rasmussen 2013). I praksis kan ål op til 30+ cm klemme sig igennem et 10 mm gitter.

4.4 Genfangsteffektivitet

Forårsudtræk

En opgørelse af det tidlige åleudtræk fra maj til begyndelsen af september viste at 15 % af blankålene vandrer mod havet i perioden maj til udgangen af august, det betyder at når fælden har været i brug fra september til december er maksimalt 85 % af ålene tilbageholdt i fælden. De ål, der måtte have vandret om vinteren/tidligt forår, er ikke med i undersøgelsen og derfor kan overlevelsen have været højere hvis de havde indgået.

Omløbsstryg

Der har i årene 2003 og 2004 været foretaget undersøgelse af passageforhold ved det daværende Brejnholt dambrug i Mattrup Å med udløb i Gudenå opstrøms Vestbirk Vandkraftværk. Blankål blev udstyret med telemetriske (radio)sendere og ål, der vandrede ned forbi Vestbirk Vandkraftværk, blev registreret af en datalogger. Det blev ved den undersøgelse opgjort at i alt 68 % af de mærkede blankål fra Brejnholt dambrug gik i fiskefælden og 32 % benyttede omløbsstryget (Pedersen og Jepsen 2012).

Fælden

Undslip fra selve fælden blev målt den 25. sep. 2001 ved at nattens fangst på 70 blankål blev panjetmærket (blå farve prik) og genudsat i fælden. Dagen efter, den 26. september var der stadig 65 panjetmærkede ål tilbage, så vi antager at 5 ål havde formået at komme ud af fælden, så effektiviteten kunne derved opgøres til at være 93 %. De fem ål (7%) undslap formentlig ved at stikke halen ind i tromlefilteret og som i en karrusel køre med filteret ud af fælden og undslippe i bagvandet. Fælden blev i gennemsnit tømt hver tredje dag så ålenes opholdstid i fælden var i gennemsnit to dage og to nætter. Dvs. tilbageholdelsen af ål som var gået i fælden, havde en effektivitet efter to nætter på $0,93^2 = 0,87$. Der kan også være undsluppet ål samme nat som de bliver fanget og ikke kun de efterfølgende nætter. Hvis vi antager at der ligeledes undslipper 7 % samme nat som ålene går i fælden er effektiviteten $0,93^3 = 0,80$.

Driftstop

Driftstop af fælden opstod typisk når en gren havde sat sig i klemme, så tromlefilteret ikke kunne dreje rundt og motoren der driver tromlefilteret, gik i stå. I den situation vil blade sætte sig i fældens tromlefilter, vandstanden vil stige og vandet skylle hen over tromlefilteret og dermed har ålene kunnet undslippe fælden. Det undslip er af gode grunde ikke kendt. Driftstop sker ofte i forbindelse med store vandmængder i de perioder hvor der var mange vandrende ål. Et forsigtigt gæt er at driftstop hen over året har betydet ca. 20 % undslip (en effektivitet på 0,80).

Samlet beregning

Når disse tal kombineres, kan det antages at når der nedvandrer 100 ål fra opstrøms til Vestbirk, ender $100 \times (0,85 \text{ (forårsudtræk)} \times 0,8 \text{ (minus driftstop)} \times 0,68 \text{ (de ål, der ikke tager omløbsstryget)} \times 0,8 \text{ (de, der ikke flygter fra fælden)}) = 37$ i fælden til optælling, altså en overall effektivitet på 37%.

4.5 Beregning af vækst, overlevelse og udbytte

Tilvækst pr. år er beregnet ved: $\Delta \text{ cm} = (\text{total længde} - \text{udsætningslængde}) / \text{antal vækstsæsoner (år)}$ indtil genfangst. Det antages at blankålene ikke vokser det år de bliver blanke, så genfangståret medtages ikke som en vækstsæson.

von Bertalanffy vækstmodel: $L_t = L_\infty [1 - \exp(-k(t - t_0))]^3$. Hvor L_t er længden ved alder t , og L_∞ den teoretisk maksimale længde, K = den rate hvormed vækstkurven nærmer sig L_∞ og t_0 = hypotetisk tidspunkt hvor længden er lig 0 cm.

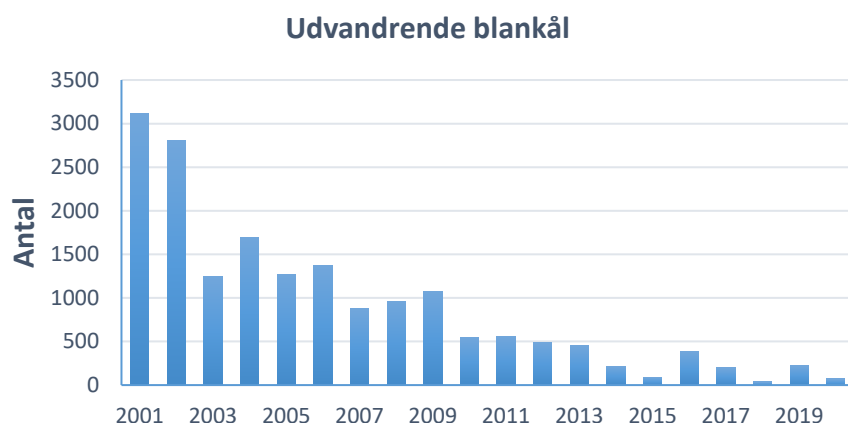
Overlevelsen S er beregnet ved: $S = N_1/N_0$ hvor N_1 er antal genfangede fisk og N_0 er antal udsatte fisk. Det forventede mærketab på 3,1 % (små) og 0,7 % (store) er indregnet i Tabel 2 og Tabel 5. Det samlede antal udsatte ål med et CW-mærke er således nedskrevet fra 78.633 til 77.151 ål med et CW-mærke.

Bruttoudbyttet er beregnet som genfanget biomasse (antal blankål * middelvægt) / antal udsatte ål pr. udsætningsgruppe. Nettoudbyttet er beregnet som genfanget biomasse (antal blankål * middelvægt – biomasse af udsætningsfisk) / antal udsatte ål pr. udsætningsgruppe.

5. Resultater

5.1 Udvandring af blankål

I perioden fra 2001 og frem til 2020 blev der årligt registreret mellem 3.117 og 37 udvandrende blankål i fiskefælden (Tabel 1). De første år blev der registreret mange ål, men det aftog markant frem mod 2020 og bevidner, at bestanden af ål i området er markant aftagende. (Figur 4, Tabel 1).



Figur 4. Antal blankål (mærkede og ikke-mærkede) fanget i fælden ved Vestbirk Vandkraft pr. måned og år.

Tabel 1. Antal blankål fanget i fælden ved Vestbirk Vandkraft pr. måned og år. Dato intervallet angiver i hvilket tidsrum fælden har tilbageholdt vandrende ål. Signaturen uk angiver at fælden ikke har været i brug og ålene har kunnet vandre forbi uden at blive registreret.

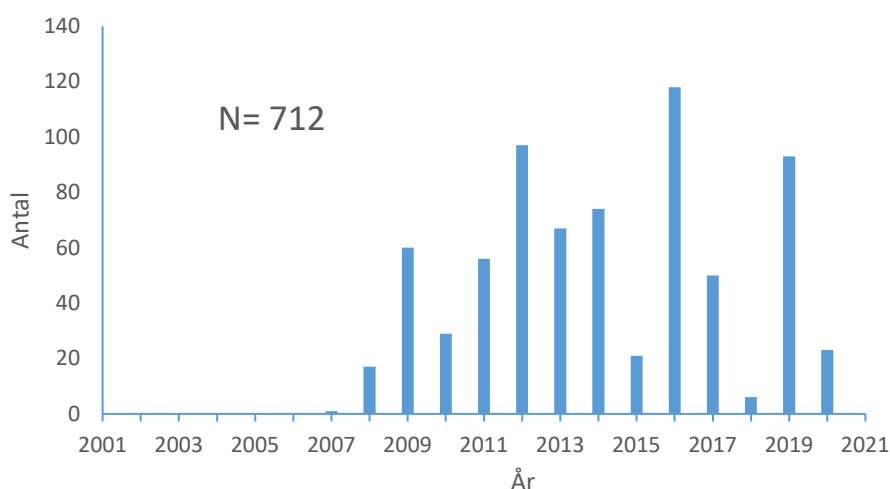
År	Dato interval	juni	juli	aug	sep	okt	nov	dec	I alt fanget	CW-ål fanget	CW-ål % af total/år
2001	01.08 - 16.12	uk	uk	114	1888	698	403	14	3.117	0	0
2002	01.06 - 11.12	100	271	207	104	1.883	218	19	2.802	0	0
2003	01.06 - 22.12	44	77	uk	142	93	770	122	1.248	0	0
2004	01.06 - 04.12	26	61	59	378	1037	130	6	1.697	0	0
2005	01.06 - 05.12	19	50	43	360	664	124	7	1.267	0	0
2006	06.08 - 10.12	uk	uk	106	118	912	173	61	1.370	0	0
2007	21.08 - 19.12	uk	uk	24	148	502	117	84	875	1	0
2008	22.08 - 01.12	uk	uk	93	274	504	90	uk	961	17	2
2009	19.08 - 30.11	uk	uk	26	119	259	672	uk	1.076	60	6
2010	19.08 - 22.11	uk	uk	155	78	193	123	uk	549	29	5
2011	17.08 - 09.12	uk	uk	45	288	74	135	20	562	56	10
2012	22.08 - 11.12	uk	uk	36	112	285	57	uk	490	97	20
2013	30.08 - 09.12	uk	uk	uk	51	359	24	17	451	67	15
2014	11.09 - 17.12	uk	uk	uk	36	91	83	5	215	74	34
2015	11.09 - 18.12	uk	uk	uk	7	47	14	23	91	21	23
2016	25.08 - 13.12	uk	uk	16	22	196	138	9	381	118	31

fortsætter på næste side ...

År	Dato interval	juni	juli	aug	sep	okt	nov	dec	I alt	CW-ål	CW-ål
2017	05.09 - 20.12	uk	uk	uk	47	116	35	uk	198	50	25
2018	03.09 - 18.12	uk	uk	uk	16	1	11	9	37	6	16
2019	12.09 - 13.12	uk	uk	uk	2	197	15	6	220	93	42
2020	07.09 - 14.12	uk	uk	uk	1	18	49	2	70	23	33

5.2 Genfangster

Den første genfangst af en CW-mærket ål blev registreret i 2007 efter 6 vækstsæsoner. Ved genfangst var ålen 33,6 cm og 72 gram. Ålen stammede fra gruppen af store udsætningsål (17 cm; 9,4 g) som blev udsat i 2001. Fra 2007 til og med 2020 blev der i fiskefælden genfanget i alt 712 blankål som var CW-mærket (Figur 5).



Figur 5. Antal CW-mærkede ål genfanget som blankål i fiskefælden ved Vestbirk Vandkraftværk fra udsætninger foretaget i 2001 og 2002.

Der er i al væsentlighed fire betydende faktorer (gennemgået ovenover i teksten) som har indvirket på hvor mange ål der er blevet registreret i fiskefælden. Ved at kombinere de fire betydende faktorer (Fældens fangst = forårsudtræk 0,85 * omløbsstryk 0,68 * fældeundslip 0,80 * driftstop 0,80 = 0,37.) kan det estimeres, at når 100 blankål vandrer fra udsætningsområdet mod havet vil 37 blive registreret i fiskefælden og 63 blankål vil passere forbi uden registrering.

5.3 Overlevelse

Med en samlet genfangst på 37 % er i alt 63 % flere blankål vandret forbi fælden uden at blive registreret. Med 712 genfangster kan den totale udvandring beregnes til 1.924 CW-mærkede blankål (Tabel 2). Det svarer til en overlevelse på $1.924/77.151 = 2,49\%$.

Den relative overlevelse for hver gruppe fremgår af Tabel 5. De små ål på 2,8 gram har stort set den samme overlevelse i 2001 (2,39 %) som i 2002 (2,52 %), men overlevelsen er næsten dobbelt så stor hos de store udsætningsål i 2001 (3,14 %) i forhold til 2002 (1,89 %).

Samlet set er overlevelsen på de store ål gennemsnitlig (2001 og 2002) på 2,52 % og på de små ål på 2,46 %.

Tabel 2. Antal genfangster af CW-mærkede ål. I alt 405 af 712 genfangster er identificeret til gruppe (dvs. størrelse og udsætningsår). Det totale antal blankål nedvandret fra udsætningsområdet er beregnet til 1924 blankål.

År	Størrelse	Individ vægt (min-max) gram	Udsatte n	Genfangst CW-id	Frekvens, CW-id	Antal udvandret (estimeret)
2001	Små	2,8 (1,5-4,3)	19.865	100	0,25	475
2001	Store	9,5 (6,0-14,1)	20.446	135	0,33	641
2002	Små	2,8 (1,6-4,5)	17.732	94	0,23	447
2002	Store	9,4 (5,2-16,7)	19.109	76	0,19	361
Total			77.152	405	1	1.924

Udsætning i hovedløb vs tilløb

I 2001 blev ålene fordelt i Gudenåens hovedløb og i 2002 blev ålene fordelt i Gudenåens tilløb. Der blev genfanget flere ål fra udsætning i hovedløbet end fra udsætning i tilløbne (Tabel 2). En X^2 test for om overlevelsen fordelt på størrelse og udsætningshabitat (hovedløb vs tilløb) er uafhængig viser, at der er signifikant afhængighed ($X^2 = 30,6$; $P < 0,001$). For de små er der ingen signifikant forskel $X^2 = 0,9$; $P < 0,356$, men for de store er der signifikant forskel $X^2 = 78,3$; $P < 0,001$.

5.4 Vækst

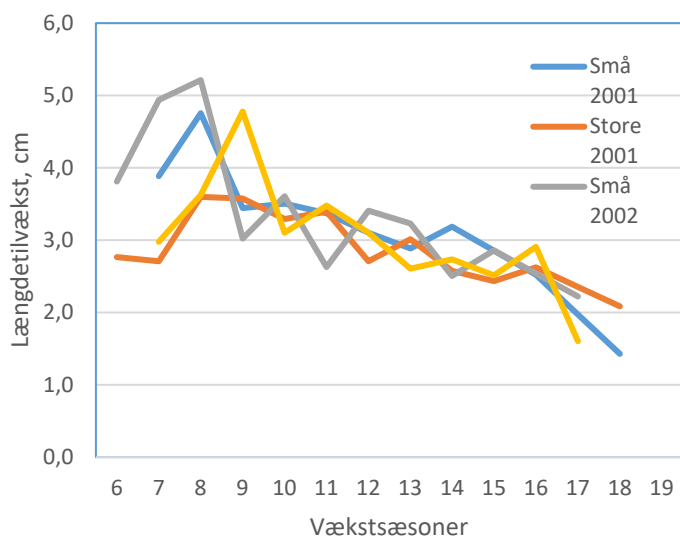
Tilvæksten i længde pr. vækstsæson/år er stort set ens for alle grupper af udsatte ål. For de små udsatte (2,8 g) er længdetilvæksten gennemsnitligt mellem 3,2 og 3,4 cm/år og for de store (9,4 g) mellem 2,9 og 3,0 cm/år (Tabel 3, Figur 6). Der er ingen forskel i væksten mellem store og små ål (Kruskal Wallis Test; N-små =21 N-store=23; df =1; P= 0,1542)

Hunål vokser signifikant hurtigere end hanål (Figur 7). Kruskal Wallis Test (Han = 179; Hun =505); df=1; P= 0.00724.

von Bertalanffy model afspejler væksten i gulålbstanden, det fremgår af Figur 8 at blankållængden ligger ovenover kurven. Den maksimale længde beregnet ved von Bertalanffy's parametre er 38,6 cm for hanål og 73,2 cm for hunål. (Tabel 5, Figur 8).

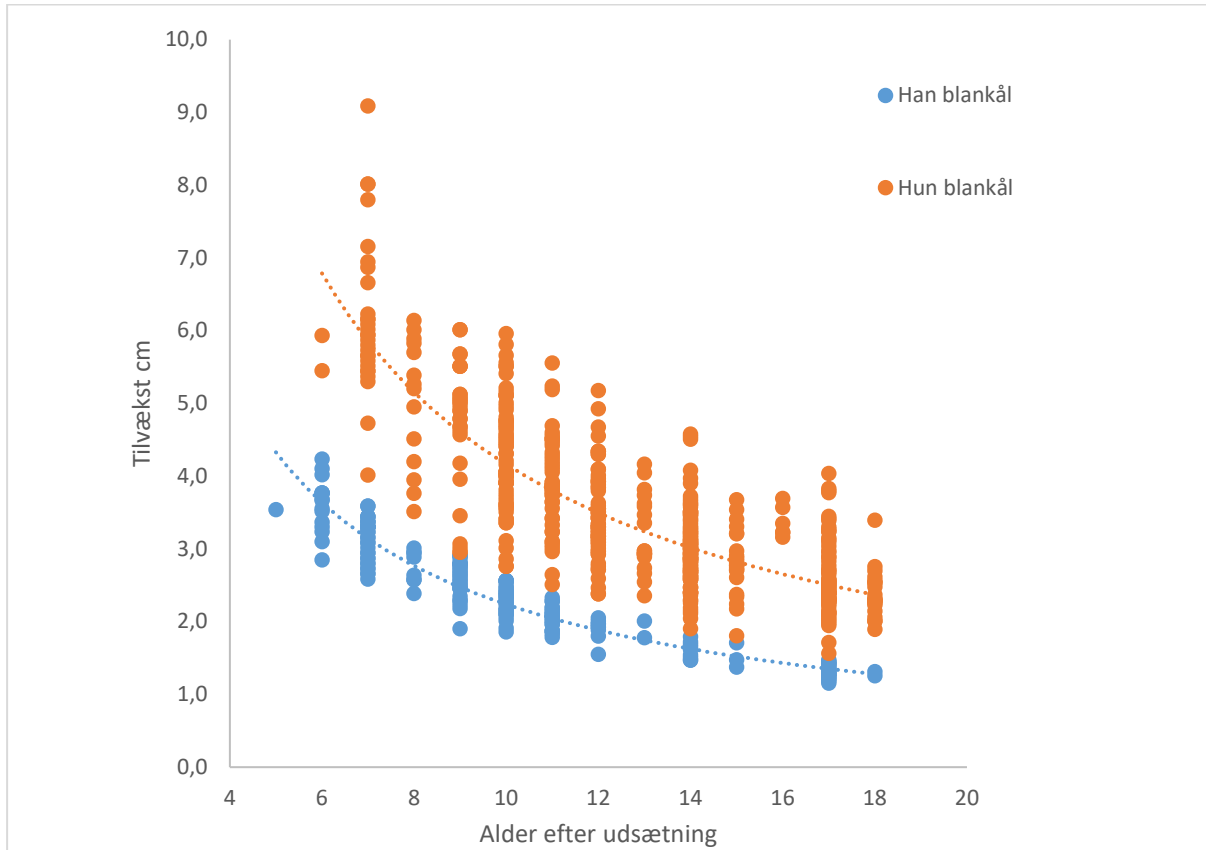
Tabel 3. Tilvækst i længde cm pr. vækstsæson (fra udsætning til genfangst) af de fire udsætningsgrupper udsat i 2001 og 2002.

Vækstsæsoner	Små 2001	Små 2002	Store 2001	Store 2002
6		3,8	2,8	
7	3,9	4,9	2,7	3,0
8	4,8	5,2	3,6	3,6
9	3,4	3,0	3,6	4,8
10	3,5	3,6	3,3	3,1
11	3,4	2,6	3,4	3,5
12	3,1	3,4	2,7	3,1
13	2,9	3,2	3,0	2,6
14	3,2	2,5	2,6	2,7
15		2,9	2,4	2,5
16	2,5		2,6	2,9
17		2,2		1,6
18	1,4		2,1	
Middel	3,2	3,4	2,9	3,0



Figur 6. Tilvækst i længde cm pr. vækstsæson af de fire udsætningsgrupper udsat i 2001 og 2002.

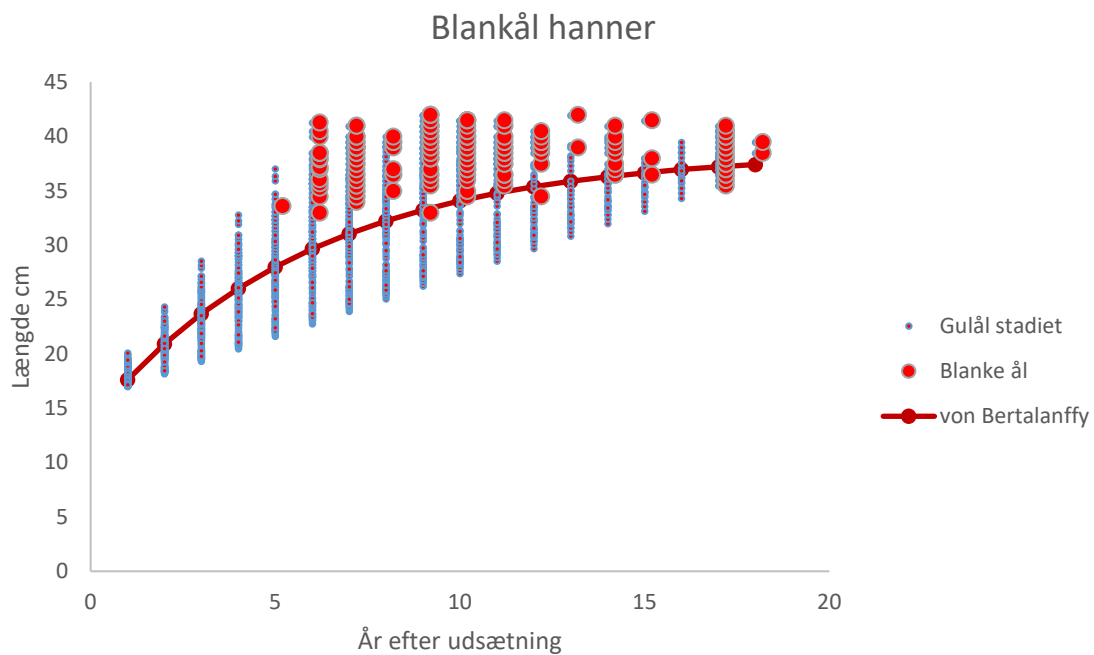
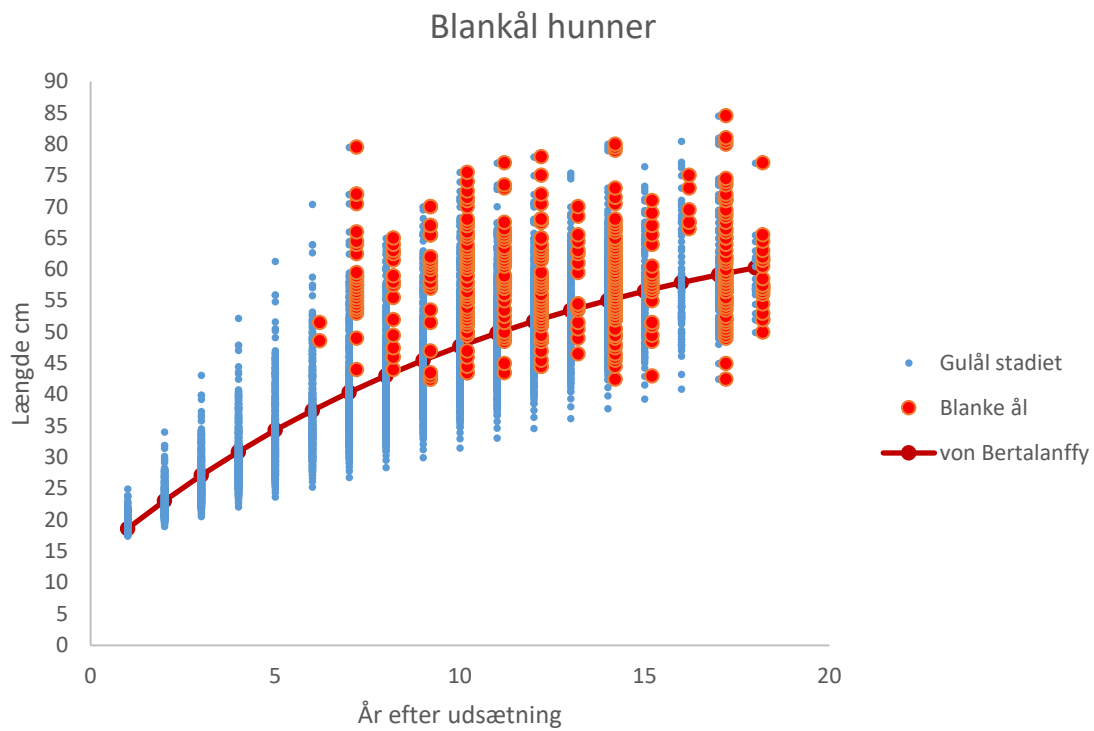
: .



Figur 7. Tilvækst som funktion af alder efter udsætning. Hanål kan beskrives ved formelen $= 19.996 X^{-0.951}$, $R^2 = 0.9188$ og hunål $= 37.714 X^{-0.957}$, $R^2 = 0.6798$.

Tabel 4: Parametre i von Bertalanffy's vækstfunktion, L^∞ , K , t_0 , +/- 95% konfidensinterval.

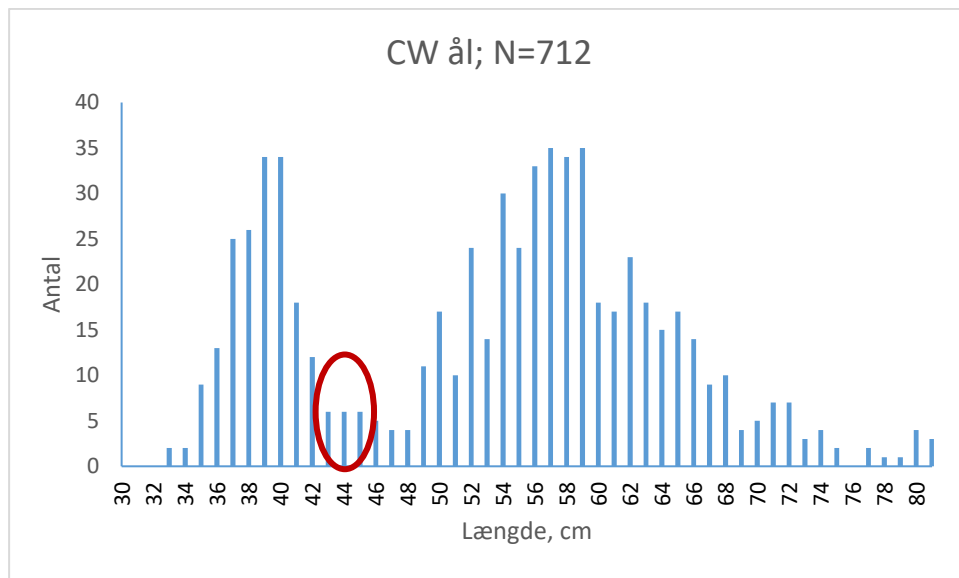
	L^∞	K	t_0
Hanner	38.6 +/- 0.438	-0.171 +/- 0.008	-2.564 +/- 0.160
Hunner	73.2 +/- 1.345	-0.085 +/- 0.004	-2.468 +/- 0.110



Figur 8. Vækst beskrevet ved von Bertalanffy's model for henholdsvis blankålshanner og blankålshunner. Data består af blankållængden samt tilbageberegnet længde i gulålstadiet.

5.5 Kønsfordeling

På baggrund af længdefordelingen (Figur 9) er 27 % af genfangede blankål hanner som i længde er mellem 33 og 42 cm og gennemsnitsvægt på 92 g (62-155 g), og 73 % hunål i længden 45 til 90 cm og gennemsnitsvægt 360 g (174-940 g). Der er i alt 18 ål mellem 42 og 45 cm som kan være enten hanål eller hunål, og disse er ikke kategoriserede.



Figur 9. Længdefordeling af genfangede CW-mærkede ål. Cirklen angiver ål, hvor kønnet ikke kan vurderes sikkert ud fra længden.

5.6 Udbytte pr. udsat ål

Middelvægten ved genfangst varierer kun lidt for de fire grupper (Tabel 5), men udbyttet pr. udsat ål varierer i højere grad fordi det afhænger af hvor mange ål der genfanges i hver gruppe og fordi biomassen af de store ål er 3 gange større end for de små ål på udsætningspunktet. I nedenstående Tabel 5 ses at brutto udbyttet er positivt for begge grupper af ål, hvorimod netto udbyttet er positivt for de små ål, men negativt for de store ål.

Tabel 5. Størrelsesgruppe, genfangst, overlevelse og udbytte pr. udsat ål.

Størrelse, år	Genfangst	Overlevelse (udvandret)	Biomasse	Biomasse	Udbytte	Udbytte
Gruppe	Middelvægt, g	Procent	Udsat, g	Udvandret, g	Brutto, g	Netto, g
Små 2001	266	2,39	55.621	126.366	6,4	3,6
Store 2001	253	3,14	194.236	162.257	7,9	-1,6
Små 2002	250	2,52	49.649	111.640	6,3	3,5
Store 2002	262	1,89	179.627	94.594	5,0	-4,4

6. Diskussion

6.1 Overlevelse af udsatte ål

Antallet af blankål beregnet til at være udvandret, fra udsætningsområdet i øvre Gudenå, var 1.924 blankål. Det svarer til at mindst 2,49 % af de 77.151 CW-mærkede ål udsat i år 2001 og 2002 har overlevet frem til blankålstadiet og er vandret nedstrøms mod havet. Alle blankål er næppe udvandret, fra udsætningsområdet, ved undersøgelsens ophør i efteråret 2020. Aldersbestemmelse af blankål fanget ved projektets start viste, at middelalderen på blankål fanget i fiskefælden ved Vestbirk i 2001 var 12 år for hanål og 13 år for hunål og den ældste ål var 18 år (Bilag 2). Det må derfor antages at langt de fleste ål udsat i 2001 og 2002, er udvandret ved undersøgelsens ophør.

Erfaringen fra to svenske søer, hvor der blev udsat 3-4 gram store sætteål var, at 14 år efter udsætningen fandt sted, var der i alt genfanget 1,7 % af de udsatte ål i den sø med det laveste næringsindhold (oligotrof sø) og 11,3 % i søen med højere næringsindhold (mesotrof sø) Wickstrøm et al. (1996). I den store sø Loch Neagh i Nord Irland udsættes glasål som grundlag for et kommercielt fiskeri. Overlevelsen fra glasål til genfangst af gule og blanke ål, ved en gennemsnitsvægt på 250 gram i det kommercielle fiskeri, blev opgjort til at være 18 % (Moriarty and McCarthy 1982). I en mindre (6 ha) ny-etableret sø, Sønder sø på Djursland, blev opdrættede ål udsat med en middelvægt på 39,2 gram. Efter 7 år blev overlevelsen beregnet til at være mellem 42-57 procent (Pedersen 2000). Opdrættede sætteål på henholdsvis 3 og 9 gram udsat i Roskilde fjord resulterede i en estimeret genfangst i det kommercielle fiskeri af blanke og gule ål på 12,7% af 3 grams ålene og 9,4% af 9 grams ålene (Pedersen og Rasmussen 2015). I Karrebæk Fjord og Susåen udsatte Christensen et al. (2019) i alt ca. 75.000 CW-mærkede 2-5 grams ål. Ålene blev fordelt med de fleste udsat i fjorden (83%) i 2011 og 2012 og i Susåen (17%) i 2011. Stikprøver fra fjordens rusefiskeri blev foretaget i årene fra 2013 til og med 2018 og viste, at 13 % mærkede ål forekom i de undersøgte fangster og den gennemsnitlige tilvækst i længde var stor, 10,3 cm/år. Der blev ikke registreret en eneste mærket ål i fjordens rusefiskeri som var udsat i Susåen, hvilket kan skyldes at ålene vokser langsommere i Susåen, og derved langt senere bliver blanke og vandrer ud i fjorden.

Den teoretiske overlevelse i øvre Gudenå (Bilag 4) beregnet med kendte data for naturlig dødelighed fra Brede Å i 1980erne og Køge-Lellinge Å i perioden 1960-1970erne viser at resultaterne fra øvre Gudenå er i den lave ende. I fx Køge-Lellinge Å kan der beregnes en overlevelse for vilde ål på 23% (Rasmusen & Pedersen, 2023). Det forventede antal blankål fra udsætningslokaliteterne i Gudenå resulterer i en overlevelse på 13.229 blankål, svarende til en samlet overlevelse på 16.8% (se Bilag 4). Denne beregnede overlevelses procent synes at give et mere realistisk niveau ved sammenligning med øvrige undersøgelser (Wickstrøm et al. 1996; Moriarty and McCarthy 1982; Pedersen 2000; Pedersen og Rasmussen 2015).

Ved kontrolleret forsøg er det vist, at der ikke er forskel i overlevelsen mellem vilde og dambrugsopdrættede sætteål (Pedersen et al. 2017), dog kan effektiviteten af fælden være fejlbehæftet. Ligeledes kan fiskeri med ruser i Gudenåen, blandt lodsejere, have forekommet i projektperioden, men omfanget antages at være beskedent. Mattrup gods har haft en ålekiste i Mattrup Å som har været aktiv i efterårsmånederne september-december. Ålekisten blev nedlagt i 2013 men har indtil da kunnet fange ål udsat opstrøms i Boest Bæk og Mattrup Å. Ligeledes kan ål, som er udsat nedstrøms ålekisten, have vandret opstrøms ålekisten til Halle Sø og Stigsholm Sø og senere som blankål har søgt nedstrøms

og således fanget i ålekisten. De CW-mærkede ål, der er fanget og hjemtaget af forskellige slags fiskeri, opstrøms Vestbirk, kan ikke indgå i estimatet og er derfor endnu en faktor, der gør at det reelle udbytte af udsætningerne sandsynligvis er højere end estimeret her.

Ålen er på grund af sit høje fedtindhold et eftertragtet byttedyr hos odder (*Lutra lutra*), mink (*Mustela vison*), skallesluger (*Mergus serrator*), hejre (*Ardea cinerea*) og skarv (*Phalacrocorax carbo*). Blandt de omtalte arter findes der data for skarvens prædation på ål, idet en række skarvkolonier og rastepladser er blevet regelmæssigt undersøgt for forekomst af PIT-mærker i skarvgylp. I årene 2006 – 2020 er der i alt mærket og udsat 5.317 blankål med 23 mm PIT-mærker ved Vestbirk Vandkraftværk. Ved at undersøge kendte skarv- og hejrerastepladser er der i alt genfundet et PIT-mærke i en hejrekoloni og 160 PIT-mærker i en række skarvkolonier og på skarvrastepladser. Det svarer til en dødelighed på 3 % blandt de mærkede blankål (upubliceret, DTU Aqua). Da alle gylp fra skarver, der har fourageret i Gudenåen ikke genfindes, har den reelle dødelighed alene på blankålstadiet været større. Når man beregner den aktuelle prædation på baggrund af fund af PIT-mærker i kolonier, plejer man at regne med, at man kan finde 40% af de reelt ædte mærker, men dette kommer an på mange faktorer (Jepsen et al. 2019), så i dette tilfælde er det sandsynligt at skarverne har ædt mindst 7 % af de PIT-mærkede blankål. Hertil kommer at skarven antageligt også fouragerer på gulål-stadiet af de udsatte ål så den samlede skarvdødelighed kan derfor, over årene, have været ganske betydelig. En undersøgelse af skarvgylp i Ringkøbing Fjord, hvor der var udsat CW-mærkede ål viste, at 40 % af de udsatte ål blev ædt i løbet af det første år (Jepsen et al. 2010). Pit-mærkede (14 mm) ål på 20 g og 40 gram udsat i Ringkøbing Fjord, Karrebæk Fjord, Gener bugt og Hald Sø viser, at ved mobil scanning efter opgyldede PIT-mærker i relevante skarvkolonier, blev der genfundet 1,7 % PIT-mærker i Ormø kolonien (Karrebæk Fjord) og 1,1 % i Hopsø-kolonien (Genner Bugt) og 3,3 % i Ringkøbing Fjord (Olsens- og Vinterleje Pold og Klæg banke) og 8,4 % blev genfundet i skarvkolonien ved Hald Sø.

Den naturlige dødelighed grundet prædation kan antages at være væsentlig højere i øvre Gudenå sammenlignet med Køge-Lellinge Å. I sidstnævnte undersøgelse med data fra 1960-1970erne forekom ingen prædatorer såsom skarv og odder. I Gudenåen er der indenfor de sidste 20 år kommet voksende bestande af skarv og odder, og disse 2 prædatorer kan være årsag til den lave genfangst %. Både øvre Gudenå og Køge-Lellinge Å er begge fine vandløb med hensyn til vandkvalitet og levesteder.

6.2 Migration fra udsætningsområdet i gulål-stadiet

Når sætteål sættes ud i strømmende vand, orienterer de sig som hovedregel mod strømmen og bevæger sig opstrøms (DTU Aqua). Nedstrøms vandringer kan forekomme i forbindelse med at de gule ål søger frostsikre steder at overvintre, ofte i de dybere dele af vandløbet (Larsen 1972). I fiskefælden ved Vestbirk forekom gule ål i fangsten især inden vandet blev under ca. 10 °C i løbet af oktober. Det betyder at de gule ål bevæger sig nedstrøms og sandsynligvis opstrøms næste forår (Larsen 1972). Fangsten af gule ål i fiskefælden blev scannet for mærker i det omfang det var muligt, men der er aldrig fundet gule ål med CW-mærker i fiskefælden.

6.3 Overlevelsen i forhold til udsætning i hovedløb og mindre tilløb

Som det fremgår af Tabel 5 er overlevelsen blandt de to årgange små ål (2,8 g) stort set ens henholdsvis 2,39% (2001) og 2,52% (2002). Overlevelsen af de store ål (9,4 g) var derimod markant højere i 2001 med 3,14% mod 1,89 % i 2002 (Tabel 5). I 2001 blev udsætningsålene fordelt i Gudenåens hovedløb fra en kano, og i 2002 blev ålene fortrinsvis fordelt i de mindre tilløb til Gudenåen ved vading (se Bilag 1). Opfølgende undersøgelser viste at udsætning i de små tilløb resulterede i en daglig øjeblikkelig dødelighed (daily instantaneous mortality) inklusiv bortvandring fra forsøgsområdet på

mellem $Z=0,039 \cdot d^{-1}$ og $Z=0,153 \cdot d^{-1}$ (Pedersen 2009). Det betød at mellem 98-100 % af ålene var helt væk fra forsøgsområdet (500-1000 m op- og nedstrøms udsætningsstedet), efter 100 dage. Om det skyldes bortvandring fra området, prædation eller anden dødelighed vides ikke (Pedersen 2009).

6.4 Udbytte pr. sætteål i øvre Gudenå

Udbyttet af en udsat ål er produktet af overlevelse og vækst, dvs. at den biomasse der genfanges, er påvirket af fiskeridødelighed, naturlig dødelighed og prædation. Væksten i længde for de fire grupper er stort set ens og ligger mellem 2,9 og 3,4 cm pr. år (Tabel 3). Den totale dødelighed fra udsætning til genfangst ligger mellem 1,89 og 3,14 procent og netto udbyttet mellem -4,5 og 3,4 g pr. udsat ål (Tabel 5). Det største udbytte blev opnået fra grupperne af små sætteål på 2,8 g og det mindste hos de store på 9,4 g. Til sammenligning viste resultater fra udsætning i Roskilde fjord et nettoudbytte på 9,8 g og 0,3 g pr. udsat ål for henholdsvis små 3 gram og store 9 g udsætningsål (Pedersen og Rasmussen, 2015). Udsætningsforsøg med 3 g ål i Karrebæk Fjord (Christoffersen et al. 2019) viste en meget høj vækst, i gennemsnit 10,3 cm/år (2013-2018) og de udsatte ål udgjorde 13 % af de undersøgte fangster, hvilket indikerer en høj overlevelse. I Karrebæk Fjord var det ikke muligt at beregne nettoudbyttet fra udsætningen da den totale overlevelse er ukendt, men den syntes væsentlig højere end i Gudenåen. Udsætningen af CW-mærkede ål i Susåen (Christoffersen et al. 2019), gav ikke en eneste genfangst hvilket indikerer at udsætning i vandløb kan give et mindre udbytte end udsætning i fjorde.

6.5 Udvandring til Kattegat

Gudenåens løb fra Vestbirk Vandkraft til Randers Fjord udgør en distance på ca. 125 km hertil er der 16 km igennem Randers fjord indtil Kattegat. På de 141 km fra Vestbirk til Kattegat skal en vandrende ål igennem en række søer, hvor der f.eks. er et fiskeri (fiskeri ved Ry er målt til 10 % fiskeridødelighed (DTU Aqua upubliceret)). Ålen bliver udsat for prædation fra skarv som er målt til 7 % (DTU Aqua upubliceret). Ved Tangeværket er der målt en dødelighed på 59 % (Pedersen et al 2012). I Randers Fjord er der målt en fiskeridødelighed på 80 % (Aarestrup et al. 2008). Beregning af den samlede overlevelse (overlevelse = 1 - dødelighed) hvor hver overlevelseshæft faktor ganges sammen viser, at udsættes 100 ål i øvre Gudenå kan vi forvente at $100 \times (0,03 \text{ (opvækst øvre Gudenå)}) \times 0,90 \text{ (fiskeri ved Ry)} \times 0,93 \text{ (skarvprædation)} \times 0,41 \text{ (Tangeværket)} \times 0,20 \text{ (Randers fjord)} = 0,21$ ål overlever opvæksten i øvre Gudenå og som blankål søger ned gennem Gudenåen og Randers Fjord frem til Kattegat. Der skal altså udsættes næsten 500 sætteål i øvre Gudenå, for at få en enkelt ål til at bidrage til ålforvaltningsplanens biomasse mål på 40 % (af det oprindelige blankåludtræk til havet), som er fastsat i EU's Åleforordning (EU 2007).

7. Konklusion

Nærværende projekt startede i 2001 og fortsatte frem til den planlagte lukning af Vestbirk vandkraftværket i 2021.

Undersøgelsen viste at af 77.151 mærkede sætteål udsat i 2001 og 2002 overlevede mindst 1.924 ål (2,49 %) til blankålstadiet og derefter vandrede nedstrøms udsætningsområdet mod havet. Den forventede teoretiske overlevelse på baggrund af kendte data er væsentligt højere, omkring 15 %. Den lavere overlevelse (2,49 %) skal ses i lyset af at vandring ud af forsøgsområdet (øvre Gudenå) i gulålstadiet kan have fundet sted, og at der stadig kan forekomme ål i forsøgsområdet som ikke indgår i den beregnede overlevelse. Yderligere kan prædation fra bestande af skarv og odder samt fiskeri have betydning for overlevelsen frem til blankålstadiet.

Med hensyn til udsætningsstørrelse gav de små udsætningsål et højere udbytte end de store udsætningsål, hvorfor der ikke syntes at være nogen fordel ved at bruge sætteål der er større end 2-5 grams ål. Udsætninger i åens hovedløb medførte markant større overlevelse for de store ål sammenlignet med udsætning foretaget i Gudenåens tilløb.

Formålet med åleudsætninger i Danmark er at øge udvandringen af blankål mod havet. Denne undersøgelse viser, at udsættes ål i øvre Gudenå kan vi forvente, at blot 1 ud af 500 udsatte ål når frem til Kattegat.

8. Referencer

Allen, M., Rosell, R., & Evans, D. (2006). Predicting catches for the Lough Neagh (Northern Ireland) eel fishery based on stock inputs, effort and environmental variables. Volume 13, Issue 4 Pp 251-260. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2400.2006.00501.x>

Aarestrup, K., Thorstad, E. B., Koed, A., Jepsen, N. J., Svendsen, C., Pedersen, M. I., Skov, C., & Økland, F. (2008). Survival and behavior of European silver eel in late freshwater and early marine phase during spring migration. *Fisheries Management and Ecology* 15, p 435-440. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2400.2008.00639.x>

Berg, S. (1988). Udsætning af glasål i Gudenåen. Notat pp 12.

Berg, S., & Jørgensen, J. (1994). Stocking experiments with O+ eels (*Anguilla anguilla* L.) in Danish streams: post stocking movements, densities and mortality: In I. G. COWX (ed.) *Rehabilitation of Freshwater Fisheries*. Oxford: Fishing News Books, pp 314 –325.

Bisgaard, J., & Pedersen, M. I. (1991). Mortality and growth of wild and introduced cultured eels (*Anguilla anguilla* (L)) in a Danish stream, with special reference to a new tagging technique, *DANA*, vol 9, pp. 57-69.

Christoffersen, M., Pedersen, M.I., Støttrup, J., & Jepsen, N. (2019). Overlevelse og vækst af udsatte ål i Karrebæk Fjord. DTU Aqua-rapport nr. 345-2019. Institut for Akvatiske Ressourcer, Danmarks Tekniske Universitet. 26 pp. + bilag

EMP (2008). Danish Eel Management Plan. In accordance with COUNCIL REGULATION (EC) No 1100/2007 of 18. September 2007 establishing measures for the recovery of the stock of European eel December 2008.

EU (2007) COUNCIL REGULATION (EC) No 1100/2007 of 18 September 2007 establishing measures for the recovery of the stock of European eel. <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2007:248:0017:0023:EN:PDF>

Holm, M.K. (2019). Plan for fiskepleje i Gudenå, delområde 1. Faglig rapport nr. 72 fra DTU Aqua, Institut for Akvatiske Ressourcer, Sektion for Ferskvandsfiskeri og -økologi. www.fiskepleje.dk/vandloeb/udsatning/oerred/udsatningsplaner/vandloeb-i-oestjylland

ICES (2023). Advice on fishing opportunities and conservation. ele.2737.nea. <https://doi.org/10.17895/ices.advice.21907860>

Jepsen, N. R., Klenke, R., Sonnesen, P., & Bregnballe, T. (2010). The use of coded wire tags to estimate cormorant predation on fish stocks in an estuary. *Marine and Freshwater Research*. Volume 61, Issue 3, pp. 320-329.

Larsen, K. (1972). Studies on the Biology of Danish Streams fishes. 3. On seasonal Fluctuations in the Stock Density of Yellow eel in stream Biotopes and their Causes. *Meddelelser fra Danmarks Fiskeri- og Havundersøgelser*. 7(2): pp 23-46.

Larsson, P., Hamrin, S. and Okla, L. 1990. Fat content as a factor inducing migratory behaviour in the eel (*Anguilla anguilla* L) to the Sargasso Sea. *Naturwissenschaften* 77, 488–490.

Moriarty, C., & McCarty, D. (1982). Eel – In report of the symposium on stock enhancement in the management of freshwater Fisheries, pp. 3-6.- EIFAC Technical Paper No 42.

Nielsen, J. (1987). Vandløb og fisk i Gudenåen og øvrige tilløb til Randers fjord samlerapport. Gudenå-komiteen. Rapport nr. 5. pp 63.

Pedersen, M. I. (2000). Long-term survival and growth of stocked eels *Anguilla anguilla* (L.) in a small eutrophic Lake. *DANA*, volume 12, pp. 71-76.

Pedersen, M.I. (2002). Monitoring of glass eel recruitment in Denmark. In: Dekker W. (ed) Monitoring of glass eel recruitment. Netherlands Institute of Fisheries research, report C007/02-WD, volume 2A, pp, 97 – 106.

Pedersen, M.I. (2009). Do stocking of Danish lowland streams with elvers *Anguilla anguilla* (L.) increase eel populations? In *Eels at the edge* (Casselman J., ed.). American Fisheries Society Symposium 58.

Pedersen, M. I. (2010). Effektvurdering af åleudsætninger i Roskilde Fjord. DTU Aqua-rapport nr. 230–2010.

Pedersen, M.I., & Jepsen, N. (2012). Passage for ål ved dambrug og kraftværk i Gudenåen og Kongeåen 2012. DTU Aqua –rapport nr. 259-2012, pp. 24.

Pedersen, M.I., & Rasmussen, G. (2013). Baggrundsmateriale for udarbejdelse af åleforvaltningsplan i Danmark. DTU Aqua-rapport nr. 271-2013.

Pedersen, M.I., & Rasmussen, G. (2015). Yield per recruit from stocking two different sizes of eel (*Anguilla anguilla*) in the brackish Roskilde Fjord. *ICES Journal of Marine Science*; doi:10.1093/icesjms/fsv167

Pedersen, M.I., Jepsen, N., & Rasmussen, G. (2017). Survival and growth compared between wild and farmed eel stocked in freshwater ponds. *Fisheries Research* Volume 194, October 2017, Pages 112-116. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2017.05.013>

Pedersen, M. I. (2023). Handlingsplan for Fiskeplejens udsætning af ål i 2023. DTU Aqua 2023.

Rasmussen, G. 1977. Production of eels in a small Danish stream. Proc. 8th Coarse Fish. Conf. 1977. University of Liverpool pp 8

Rasmussen, G., & Pedersen, M.I. (2023) Growth Rate and Biological Production of Yellow Eel *Anguilla anguilla* and Production of Silver Eel and the Number of Glass Eel to Fulfill the Danish EMP. Preprints 2023, 2023101247. <https://doi.org/10.20944/preprints202310.1247.v1>

Thomassen, S., Pedersen, M. I., & Holdensgaard, G. (2000). Tagging European eel *Anguilla anguilla* (L.) with coded wire tags. *Aquaculture*, 185, 57–61.

Vøllestad, L. A., Jonsson, B., Hvidsten, N.A., Næsje, T.F., Haraldstad, Ø., & Ruud-Hansen, J. (1986). Environmental Factors Regulating the Seaward Migration of European Silver Eels (*Anguilla anguilla*) Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. <https://doi.org/10.1139/f86-236>

Wickström, H., Westin, L., & Clevestam, P. (1996). The biological and economic yield from a long-term eel-stocking experiment. Ecology of Freshwater Fish 5: 140-147.

9. Tak til og finansiering

Stor tak til det daglige personale ved Vestbirk Vandkraft for altid at yde den nødvendige hjælp, når der opstod små som store problemer med driften af fiskefælden.

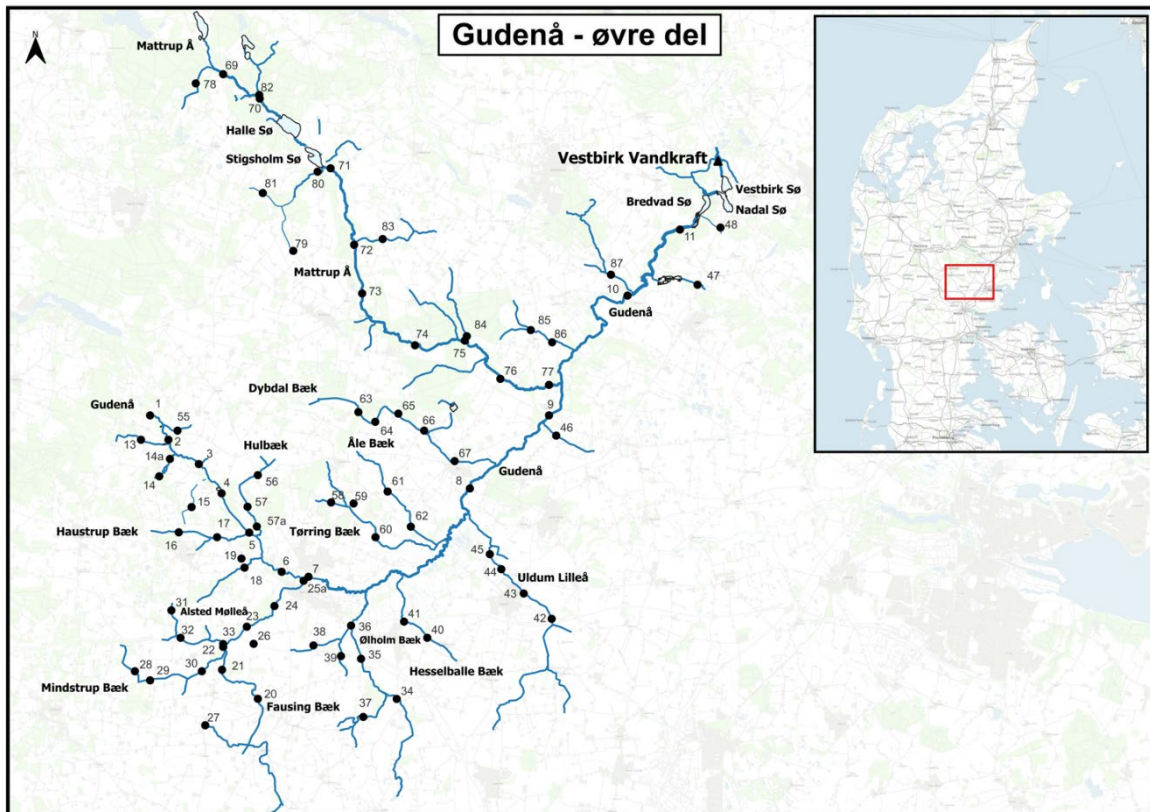
Projektet har været finansieret af fiskeplejen og af Den Europæiske Hav- og Fiskerifond (EHFF).

10. Bilag

Bilag 1. Udsætningslokaliteter i Gudenåens hovedløb og tilløb år 2001 og 2002

Tabel 1 bilag 1. Sætteål udsat i øvre Gudenå 2001 fra båd og i 2002 ved at vade i vandløbet. Hvor tæthed ål/m² er angivet, er der udmålt en strækning hvor ålene er fordelt. Hvor der ingen tæthed er angivet, er ålene fordelt skønsmæssigt 2-5 ål/m². Se kort herunder.

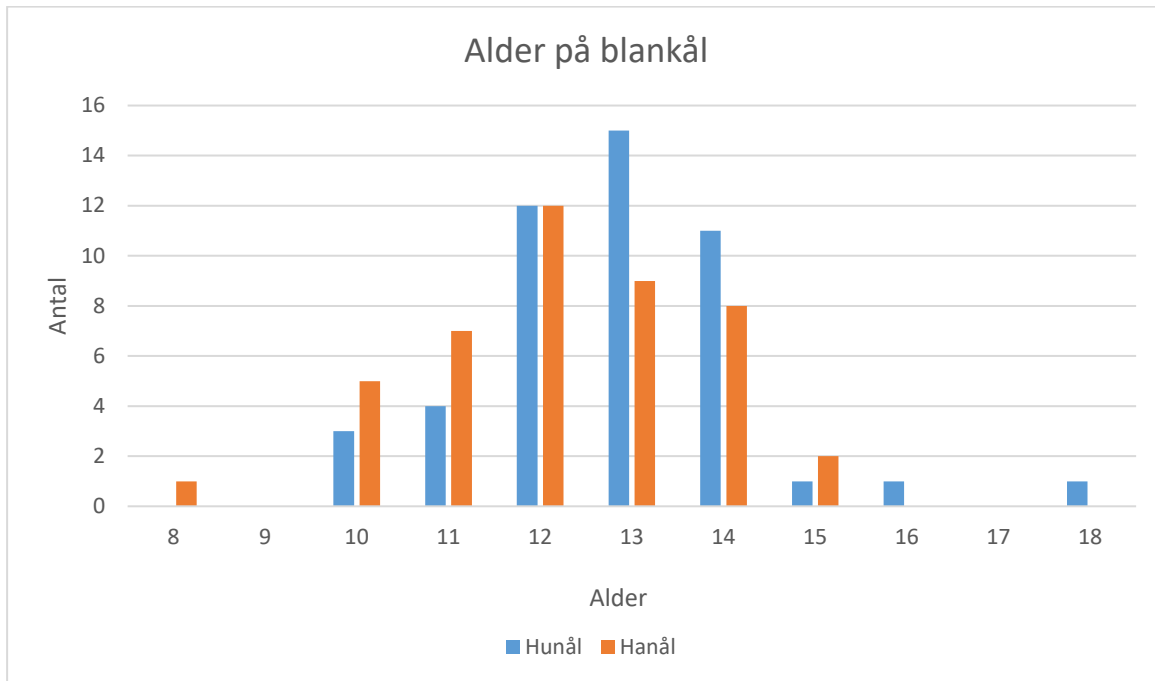
Dato	Lokalitet	Stations nr.	Gram	Antal	Tæthed ål/m ²
06.06.2001	Åstedbro –Vestbirk	9-11	2,8	20500	-
08.08.2001	Åstedbro -Vestbirk	9-11	9,4	20590	-
10.06.2002	Boest bæk	66	2,8	474	1,6
10.06.2002	Boest bæk	67	2,8	1053	2
10.06.2002	Mattrup Å	68	2,8	1279	2,1
10.06.2002	Mattrup Å	69	2,8	1525	-
10.06.2002	Mattrup Å	70	2,8	1487	1,7
10.06.2002	Mattrup Å	71	2,8	1321	5,3
10.06.2002	Mattrup Å	74	2,8	1448	3,9
11.06.2002	Dybdal bæk	64	2,8	525	2,2
11.06.2002	Gudenå	3	2,8	1008	-
11.06.2002	Gudenå	3	2,8	2026	4,5
11.06.2002	Gudenå	22	2,8	2000	2,3
11.06.2002	Gudenå	23	2,8	1000	1,4
11.06.2002	Gudenå	8	2,8	2096	2,4
11.06.2002	Gudenå	10	2,8	1057	0,3
21.08.2002	Alsted mølle Å	25	9,4	2087	1,6
21.08.2002	Boest Bæk	67	9,4	1033	2,3
21.08.2002	Bredvadmølle	-	9,4	1500	-
20.08.2002	Hesselballe bæk	40	9,4	503	3
20.08.2002	Mattrup Å	68	9,4	1029	1,4
20.08.2002	Mattrup Å	70	9,4	542	2,2
21.08.2002	Mattrup Å	74	9,4	1000	-
20.08.2002	Mattrup Å	71	9,4	542	1,4
20.08.2002	Mattrup Å	69	9,4	1008	1,4
21.08.2002	Tørring A13 vejbro	7	9,4	500	3,6
21.08.2002	Tørring kanofart	7	9,4	1000	1,3
21.08.2002	Tørring Playland	6	9,4	1000	2,3
20.08.2002	Gudenå	10	9,4	1500	-
21.08.2002	Vestbirksøerne	-	9,4	3000	-
21.08.2002	Åle Rask Mølle	8	9,4	2000	-
21.08.2002	Åstedbro	9	9,4	1000	-
I alt				78.633	



Figur 1 bilag 1. Kort over øvre Gudenå med stations numre som angivet i plan for fiskepleje (Holm M.K. 2019).

Bilag 2. Alder på nedvandrende blankål

I 2001 blev der alders aflæst 92 blankål (umærkede) fanget den 19.09.2001 i fælden i Vestbirk. Metoden anvendt var at ørestenene blev brændt før de blev aflæst for aldersringe, se (Bisgaard og Pedersen 1991). Kønsfordelingen var 44 hanål under 42 cm og 48 hunål mellem 44,5 cm og 69,5 cm. Middellalderen var 12 år for hanål og 13 år for hunål.



Figur 1 bilag 2. Alders aflæsning af 92 blankål.

Tabel 1 bilag 2. Alders aflæsning af 92 blankål.

	N	Længde	Vægt	Køn	Alder	Vækst/år, mm
Middel	44	381	103	Han	12	2,6
Størst	44	420	151	Han	15	3,8
Mindst	44	335	64	Han	8	19,7
Middel	48	542	331	Hun	13	37,5
Størst	48	695	682	Hun	18	54,5
Mindst	48	445	152	Hun	10	27,2

Bilag 3. PIT-mærker fra ål indsamlet i skarvkolonier og på fuglerastepladser

I årene fra 2006 til 2020 er der mærket i alt 5.317 blankål med PIT-mærker. De mærkede blankål er udsat i Gudenåen hovedsageligt nedstrøms ved Vestbirk Vandkraftværk men også mellem Mossø og Julsø. I skarvkolonier og på skarvrastepladser er der i alt fundet 161 mærker svarende til 3 procent af de PIT-mærkede blankål.

Tabel 1 bilag 3. Lokaltet og navn på skarvkolonier og rastepladser.

Lokalitet	PIT-mærker
Skarvkoloni – Hald sø	49
Skarvkoloni – Mågeøerne, Bogense	6
Skarvkoloni – Randers Fjord	2
Skarvrasteplads – Fussingø	3
Skarvrasteplads – Vessø	14
Tange Sø	86
Fiskehejrekoloni – Emborg	1
I alt	161

Tabel 2 bilag 3. PIT-mærker fundet ved at scanne jordoverfladen for opgyldede mærker i skarvkolonier og på fuglenes rastepladser.

År	Antal PIT-mærkede ål, n	Fundet PIT-mærker, n	Procent
2006	1.099	30	2,7
2007	281	5	1,8
2008	855	7	0,8
2009	879	50	5,7
2010	270	11	4,1
2011	413	9	2,2
2012	363	15	4,1
2013	351	10	2,8
2014	140	4	2,9
2015	65	0	0,0
2016	272	11	4,0
2017	80	2	2,5
2018	0	0	0
2019	184	7	3,8
2020	65	0	0,0
Total	5.317	161	3,0

Bilag 4. Teoretisk beregning af overlevelsen fra udsætninger i øvre Gudenå

Baggrund

Den beregnede mængde af blankål fra udsætning af 77,511 sætteål i øvre Gudenå var på 1,924 blankål, hvoraf 27% er hanner og 73% er hunner. Dette svarer til en overlevelse frem til blankål-stadiet på 2,49%.

Ved sammenligning med resultater fra Brede Å i 1980'erne og Køge-Lellinge Å i perioden 1960-1970'erne (Rasmusen & Pedersen, 2023) forekommer resultater fra øvre Gudenå at være i den lave ende. I fx Køge-Lellinge Å kan der beregnes en overlevelse for vilde ål (fra sætteålstørrelse på 15.3 cm indtil blankålstadiet) på 23%.

Beregning

Vi har derfor foretaget en teoretisk beregning af overlevelsen af ål og blankålsudtræk i Gudenå med anvendelse af parameter for den naturlige overlevelse M som beskrevet i Rasmusen & Pedersen, (2023). Vi har lavet beregningen ved en gennemsnitsstørrelse af udsætningsål på 15.86 cm og 6.13 g, som angivet i vedlagte beregnings-skema. Vi har slået han og hun sætteål sammen, og simuleret en slutstørrelse på blankål på knap 61 cm i overensstemmelse med størrelsen af de målte blankål i fiskefælden i Vestbirk. Desuden, at ålene blev udsat i årene 2001 og 2002, og at der blev udsat 77.511 sætteål.

Resultat og diskussion

Resultatet af den teoretiske beregning viser at antal blankål fra udsætning i Gudenå udgør 13.229 blankål, svarende til en samlet genfangst på 16.8%. Denne genfangst% synes at være mere realistisk ved sammenligning med andre undersøgelser (Se rapportens afsnit 6.1).

Effektiviteten af fælden kan være biased, men vi har ved kontrolleret forsøg vist, at der ikke er forskel i overlevelsen mellem vilde og dambrugsopdrættede sætteål (Pedersen et al. 2017).

En forklaring kan være, at den naturlige dødelighed grundet prædation var væsentlig højere i øvre Gudenå sammenlignet med overlevelsen i Køge-Lellinge Å. I sidstnævnte undersøgelse med data fra 1960-1970'erne var der ingen prædatorer såsom skarv og odder. I Gudenåen er der indenfor de sidste 20 år kommet voksende bestande af skarv og odder, og disse 2 prædatorer kan være årsag til den lave genfangst%. Både øvre Gudenå og Køge-Lellinge Å er begge fine vandløb mht. vandkvalitet og levesteder.

Udsætning af sætteål i andre velegnede vandsystemer i Danmark uden "problemer" med prædatorer, vil uden tvivl være i en størrelsesorden som den beregnede % i øvre Gudenå (tabel herunder) og resultaterne fra Brede Å og Køge-Lellinge Å (Rasmussen og Pedersen 2023).

Tabel 1 bilag 4. Længde, vægt, overlevelse og antal udvandret blankål som funktion af år for perioden 2007 (forekomst af første blankål i fælden) frem til 2022 (beregnet som sidste blankål ål i fælden).

År	Længde cm	Vægt g	Overlevelse N	Udvandret N
2001&2002	15,86	6,13	77.511	
2003	18,36	9,86	62.281	
2004	20,86	14,94	50.837	
2005	23,36	21,58	42.480	
2006	25,86	30,03	36.168	
2007	28,36	40,53	31.268	137
2008	30,86	53,34	27.243	435
2009	33,36	68,70	23.677	688
2010	35,86	86,89	20.461	898
2011	38,36	108,17	17.525	1.063
2012	40,86	132,80	14.826	1.184
2013	43,36	161,08	12.340	1.261
2014	45,86	193,26	10.056	1.294
2015	48,36	229,65	7.974	1.282
2016	50,86	270,53	6.098	1.227
2017	53,36	316,19	4.440	1.127
2018	55,86	366,92	3.013	983
2019	58,36	423,02	1.837	794
2020	60,86	484,81	929	562
2021	60,86	484,81	310	285
2022	60,86	484,81	7	10
				<u>13.229</u>
			2007-2022	13.229
			%	16,8

Danmarks
Tekniske
Universitet

DTU Aqua
Vejløsvej 39
8600 Silkeborg

www.aqua.dtu.dk