

Teknisk notat

Forslag til vandfordeling ved faunapassageprojekt ved Gundestrup Mølle i Hundstrup Å med biologisk konsekvensvurdering

Rekvirent:

Svendborg Kommune
Svendborgvej 135
5762 Svendborg
Att.: Birgitte Kring Frederiksen



Svendborg
Kommune

Rådgiver:

Bangsgaard & Paludan ApS

Sanderumvej 16
5250 Odense SV
Tlf. 23965939
Email: info@bangsgaardogpaludan.dk
www.bangsgaardogpaludan.dk



Bangsgaard &
Paludan ApS

Udgave: Udkast

Dato: 03-02-2020

Udarbejdet af: LB, CV

Kvalitetssikring: CPA



Indholdsfortegnelse

1	RESUMÉ	3
2	INDLEDNING	5
3	AFSTRØMNING OG VANDFØRING	6
3.1	VANDFORBRUG TIL TURBINEDRIFT	7
3.2	NUVÆRENDE VANDFORDELING	8
3.3	NUVÆRENDE KRAV TIL VANDFORDELING FRA MILJØMINISTERIET	8
4	FISK I HUNDSTRUP Å OG DERES VANDRINGSMØNSTER	11
5	FORSLAG TIL VANDFORDELING	18
6	BIOLOGISK EFFEKTIVURDERING	23
7	ANVENDT LITTERATUR	28



1 Resumé

Svendborg Kommune har anmodet Bangsgaard & Paludan ApS. om at udarbejde et forslag til vandfordeling ved faunapassageprojekt ved Gundestrup Mølle i Hundstrup Å med biologisk konsekvensvurdering, hvor der tages udgangspunkt i størst mulig anvendelse af vand til en fremtidig drift af turbinen.

Analysen i dette notat viser, at det ikke er muligt at finde en løsning, der fuldt ud tilgodeser hensynet til mest muligt vand til turbinen uden samtidig at påvirke passagemulighederne for fisk og smådyr i betydelig negativ grad.

Der skal således træffes et valg eller indgås et kompromis.

Hvis der fortsat skal være turbinedrift ved Gundestrup Mølle vil det være nødvendigt, at der indgås kompromiser både med hensyn til vandforbrug til vandkraften, men ligeledes i forhold til varetægelse af de biologiske interesser, der er forbundet med en faunapassage på lokaliteten. Derfor peges på følgende forslag til vandfordeling/udnyttelse med tilhørende projektiltag:

1. Ingen turbinedrift under smoltens nedstrøms vandring i perioden april-maj (hele vandføring til faunapassage).
2. 50/50 fordeling af vandføringen imellem vandløbet (faunapassagen) og turbinen i den øvrige del af året (det kan ikke anbefales, at der indtages mere vand til turbinen, end hvad der tilføres vandløbet, idet de vandrende fisk som havørred og ål vandrer med hovedstrømmen i både op- og nedstrøms retning).
3. Flere af arterne vandrer om natten, hvorfor det også biologisk set kan anbefales, at der er driftsophør om natten (imidlertid vurderes det, at et sådant krav vil skabe vanskelige driftsvilkår for ejer med flere kontinuerlige mekaniske indgreb hvert døgn).
4. Indløb til møllesø og turbine indrettes teknisk set således, at tabet af vandrende fisk hertil minimeres mest muligt.
5. Udløb fra turbinekanalen indrettes teknisk set således, at fejlvandringer ind i kanalen minimeres mest muligt.
6. Indløbet til faunapassagen indrettes således, at der opnås størst mulig lokkestrøm til nedstrøms vandrende fisk.
7. Faunapassagen etableres med kortest mulig stuvningspåvirket vandløbsstrækning (ejers forslag til placering af passage skaber en stuvningsstrækning på ca. 1 km).



Forslaget til vandfordelingen vil påvirke den nuværende udnyttelse af vand til turbinedriften med en resulterende årlig sænkning af strømproduktionen. I april-maj måned foreslås det at driften af turbinen ophører.

Vandføringen igennem turbinen er opmålt til ca. 350 l/s. Ved analyse af afstrømningsdata ved målestation mellem Elleskov Mølle og Gundestrup Mølle i perioden 1999-2018 fremgår det, at afstrømningen om sommeren 86,8 % af observationerne er lavere end 350 l/s. Det svarer til, at der alene i ca. 13 % af tiden til tilstrækkelig vand til turbinedrift. Såfremt vandfordelingen mellem omløbsstryg og turbine er 50/50, så skal afstrømningerne i Hundstrup Å overstige 700 l/s førend turbinens strømproduktion er optimal. Dette forekommer ca. 5 % af tiden i sommerhalvåret.

I vinterhalvåret ligger 77 % af observationerne over 350 l/s og omtrent ca. halvdelen af observationerne ligger under 700 l/s i perioden.

Den forventede biologiske effekt af forslaget er følgende:

- Tab af 15 % af smolt på grund af stuvningspåvirket strækning,
- Tab af 10-15 % af smolt uden for perioden med driftsstop
- Tab af 20-25 % af nedfaldsfisk,
- Begrænset tab af opgangshavørred, dog kan der opstå forsinkelse i vandringen,
- Begrænset tab glasål (ål, der trækker uden for april/maj),
- Begrænset tab af blankål i efteråret,
- Forventet tab af øvrige fiskearter - vurderes dog ikke kritisk for bestandene,
- Forventet tab af smådyr - vurderes dog ikke kritisk for bestandene.



2 Indledning

Svendborg Kommune har i 2014 fået udarbejdet en forundersøgelse for etablering af faunapassage ved Gundestrup Mølle (ODE-714) i Hundstrup Å.

Svendborg Kommune har efterfølgende truffet en politisk beslutning om, at indsatsen ikke skulle gennemføres på grund af væsentlige kulturhistoriske interesser og truffet afgørelse efter vandløbsloven herom.

Imidlertid blev Svendborg Kommunes afgørelse efter vandløbsloven påklaget til Miljø- og Fødevarerklagenævnet, som efterfølgende ophævede afgørelsen og hjemviste sagen til en fornyet behandling, jf. sag med j. nr. 18/08999, 18/09017 og 18/09019.

Begrundelsen herfor fra nævnet er, at vandløbslovens § 37, stk. 3 alene kan bringes i anvendelse, hvis der ikke kan findes en teknisk løsning, der i tilstrækkelig grad tager hensyn til eventuelle væsentlige kulturhistoriske interesser ved etablering af den konkrete faunapassage. Nævnet vurderer, at en sådan løsning ofte vil kunne gennemføres, men at kommunen ikke i et tilstrækkeligt omfang har afdækket muligheden for at gennemføre et alternativt projektforslag.

Svendborg Kommune har efterfølgende indledt en drøftelse med ejeren af Gundestrup Mølle om mulige alternative løsningsforslag for passage på lokaliteten. I den forbindelse har ejeren tilkendegivet et fortsat ønske om at drive turbinen i størst muligt omfang og vurderer samtidig, at der inden for denne præmis bør være mulighed for at etablere en funktionsdygtig passage på lokaliteten.

Såfremt driften ikke fortsættes tilnærmelsesvis uændret, så forventer ejer, at der ikke længere vil være en fornuftig sammenhæng imellem driftsindtægten fra turbinen og de tilknyttede drift- og vedligeholdelsesomkostninger, såfremt eksempelvis turbinen kun kan drives ca. 8,5 % af tiden. Endvidere finder ejer, at den ændrede turbinedrift vil have negativ kulturhistorisk betydning i strid med den politiske beslutning i Svendborg Kommune for et passageprojekt på lokaliteten.

I forbindelse med sagens belysning har kommunen anmodet Bangsgaard & Paludan ApS. om at udarbejde et forslag til vandfordeling ved faunapassageprojekt ved Gundestrup Mølle i Hundstrup Å med biologisk konsekvensvurdering, hvor der tages udgangspunkt i størst mulig anvendelse af vand til en fremtidig drift af turbinen.



Notatet skal anvendes som grundlag for kommunens videre drøftelser med henholdsvis ejer og Miljøstyrelsen om vandfordelingen imellem en fremtidig turbinedrift og en faunapassage på lokaliteten.

3 Afstrømning og vandføring

I dette notat er der taget udgangspunkt i de nyeste vandføringsdata for Hundstrup Å baseret på døgnmiddelvandføringer fra målestationen DDH MST nr. 47.15 ved Elleskov Mølle for en 20-årig periode fra 1999-2018.

Karakteristiske afstrømninger og vandføringer for Hundstrup Å for ovennævnte periode er vist i

Karakteristisk afstrømning	l/s/km ²	l/s
Medianminimum	1,1	67
Sommermedian	2,6	154
Median	6,1	361
Årsmiddel	9,5	561
Medianmaksimum	55,9	3.296
10-års maksimum	77,3	4.562

I Tabel 2 ses tilsvarende afstrømninger i perioden fra 1976 til 2012, hvor data stammer fra Rambøll's tekniske forundersøgelse. Det fremgår af de to tabeller, at der er forskel i data for medianminimumsvandføringen fra 1,1 l/s/km² imod 1,6 l/s/km². Til sammenligning er medianminimumvandføringen i DMU rapport nr. 340 angivet til 0,9 l/s/km² for stationen.

Tabel 2. Oplandet ved Gundestrup Mølle er opgjort til ca. 59 km².

Tabel 1: Karakteristiske afstrømninger og vandføringer for Hundstrup Å i perioden fra 1999-2018.

Karakteristisk afstrømning	l/s/km ²	l/s
Medianminimum	1,1	67
Sommermedian	2,6	154
Median	6,1	361
Årsmiddel	9,5	561
Medianmaksimum	55,9	3.296
10-års maksimum	77,3	4.562

I Tabel 2 ses tilsvarende afstrømninger i perioden fra 1976 til 2012, hvor data stammer fra Rambøll's tekniske forundersøgelse. Det fremgår af de to tabeller, at der er forskel i data for medianminimumsvandføringen fra 1,1 l/s/km² imod 1,6 l/s/km². Til sammenligning er medianminimumvandføringen i DMU rapport nr. 340 angivet til 0,9 l/s/km² for stationen.



Tabel 2: Karakteristiske afstrømninger og vandføringer for Hundstrup Å i perioden fra 1976 til 2012 (fra teknisk forundersøgelse fra Rambøll).

Karakteristisk afstrømning	l/s/km ²	l/s
Medianminimum	1,6	94,5
Sommermedian	2,5	145
Median	5,6	327
Årsmiddel	8	472
Medianmaksimum	52,7	3.099
10-års maksimum	63,9	3.757

Da Svendborg Kommune og Miljøstyrelsen i deres fælles korrespondance om fremtidig fordeling af vand imellem vandløb og turbine har anvendt vores beregninger for medianminimumvandføringen i Tabel 1 har rådgiver i dette notat valgt ligeledes valgt at anvende dette datasæt til sikring af et sammenligningsgrundlag.

3.1 Vandforbrug til turbinedrift

Ifølge den teknisk forundersøgelse kan den vandmængde, der kræves til at drive turbinen ved Gundestrup Mølle, beregnes til 342 l/s. Der er her tale om en beregning af vandforbruget.

Forud for udarbejdelsen af dette notat har rådgiver i samarbejde med COWI foretaget en vandføringsmåling af det faktiske vandforbrug til turbinen den 16. december 2019, som kunne opgøres til 353 l/s.

Det vurderes, at der alene er tale om en cirka værdi for vandforbruget igennem turbinen, idet den faktiske vandmængde, der løber igennem turbinen, også afhænger af faldhøjden, som bl.a. er styret af det vandspejlsniveau, som kan opnås i søen herover året, hvilket alt andet lige varierer.

Men som en bedre rettesnor end den teoretiske beregning i den tekniske forundersøgelse for vandforbrug til turbinedrift, anvendes den målte vandføring afrundet til 350 l/s videre i dette notat som det bedste udtryk for vandbehovet til turbinen.

Der er ikke i denne rapport medtaget muligheden for, at ejer driver møllen med intervaldrift i de perioder, hvor vandføringen i Hundstrup Å ligger under de 350 l/s. I disse situationer kan ejer opbygge vand i Møllesøen og anvende vandet til turbinedrift indtil vandet er opbrugt. Ejer har dog oplyst, at han driver turbinen det meste af året, hvilket indikerer at turbinen kan drives af væsentligt lavere vandføringer med en reducerede elproduktion til følge. Det har dog ikke inden for rammerne af dette notat været muligt at kvantificere dette forhold nærmere.



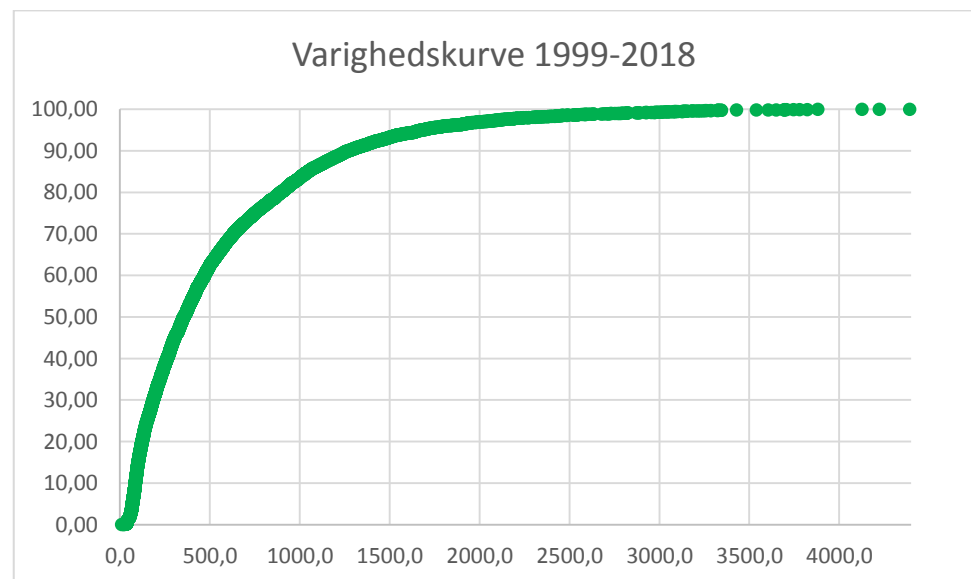
3.2 Nuværende vandfordeling

Ejer har til rådgiver oplyst, at vandet i Hundstrup Å i hovedparten af året udnyttes til turbinedrift. Dette med undtagelse af de tørreste perioder om sommeren

På Figur 1 ses en varighedskurve over vandfordelingen over året i Hundstrup Å i perioden 1999-2018. Det fremgår af figuren, at vandføringen i Hundstrup Å statistisk set kun overstiger de 350 l/s 50 % af tiden. Såfremt turbinen kun kan driftes, når afstrømningen overstiger de 350 l/s, vil turbinen kun være i drift i omtrent halvdelen af året.

Ejer har dog oplyst, at turbinen er i drift hovedparten af året, hvormed ovenstående driftsperiode ikke er tilfældet. Det antages, at det kan ske ved enten intervaldrift eller ved at turbinedrift med nedsat vandmængde og resulterende nedsat effekt.

Turbinen vil derfor i praksis køre oftere end kun 50 % af tiden.



Figur 1: Varighedskurve for års-vandføring i Hundstrup Å (dataserie 1999-2018).

3.3 Nuværende krav til vandfordeling fra Miljøministeriet

I kriteriebekendtgørelse til vandområdeplanen fremgår det, at omløbsstryg ved faunaspærringer skal dimensioneres således, at der

”opretholdes mindst 50 % af medianminimumsvandføringen i stryget samtidig med, at der ikke må fjernes mere end 50 % af medianminimumsvandføringen fra stryget”.



Svendborg Kommune har i brev af 13. november 2018 anmodet Miljøstyrelsen om en vurdering af, om der er mulighed for at dispensere fra kravene om vandfordeling ved Gundestrup Mølle.

Miljøstyrelsen har i mail af 11. april 2019 meddelt kommunen, at det vurderes, at der ved store afstrømninger kan opretholdes kontinuitet i vandløbet, selvom møllesøen til turbinedrift tilføres yderligere vand. Styrelsen vurderer videre, at ved vandføringer, der overstiger $3 \cdot Q_{\min}$ (medianminimumsvandføring, dvs. ved vandføringer over 3,5 l/s pr. km² eller over 203,8 l/s), kan turbinen indvinde op til 30 % af den vandmængde, der overstiger $3 \cdot Q_{\min}$.

Ud fra ovenstående vurderes det, at der må ledes 50 % af Q_{\min} til turbinen så længe afstrømningen overstiger Q_{\min} , samt en øgede vandmængde på 30 % af den vandføring, som overstiger $3 \cdot Q_{\min}$ (204 l/s). Disse forhold er eksemplificeret i Tabel 3.

Tabel 3: Vandfordeling mellem turbine og Hundstrup Å efter Miljøstyrelsens mail af 11. april 2019.

Afstrømning (l/s)	Turbine (l/s)	Hundstrup Å (l/s)
67 (Q_{\min})	33,5	33,5
134 ($2 \cdot Q_{\min}$)	33,5	100,5
204 ($3 \cdot Q_{\min}$)	33,5	170,5
561 (årsmiddel)	140,6 (33,5+107,1)	420,4
1295	350 (33,5+316,5)	945

Konsekvenser for turbinedriften

Det er nævnt ovenfor, at turbinen skal anvende ca. 350 l/s til driften.

Efter styrelsen anvisninger må der først indtages vand, når vandføringen overstiger 204 l/s.

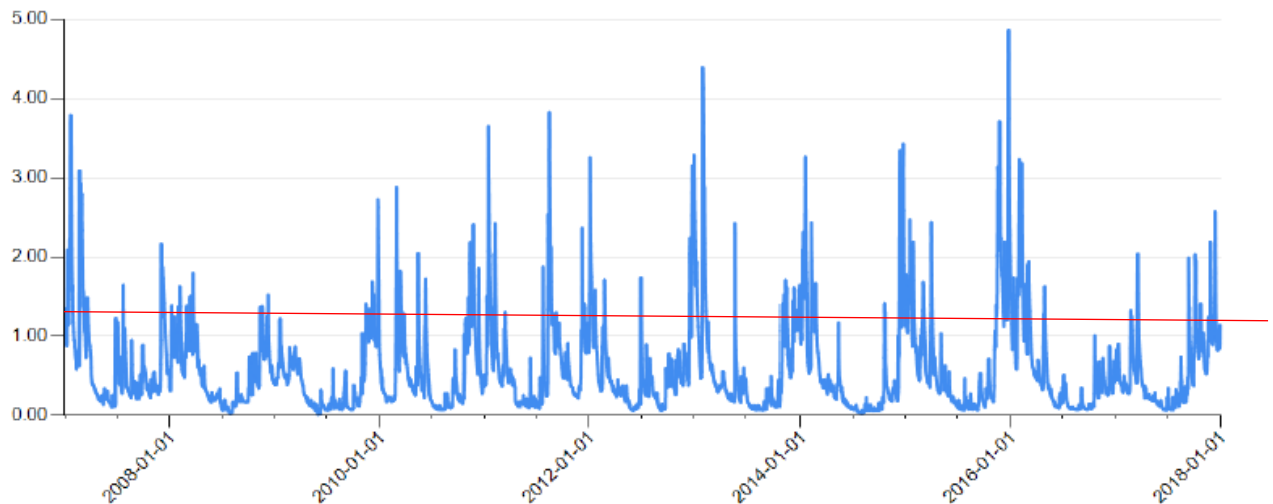
For at turbinen kan drives, skal vandføringen i Hundstrup Å efter Miljøstyrelsens ovennævnte krav minimum være følgende:

350 l/s til turbinedriften må højst udgøre 30 % af vandføringen, der overstiger de 204 l/s.

Det betyder, at vandføringen i Hundstrup Å som minimum skal være på 1.295 l/s førend, at turbinen kan tilledes den vandmængde, der kræves for drift- under forudsætning af, at der ikke drives med intervaldrift eller drift ved lavere afstrømninger og effekt.



Ifølge Figur 2 overstiger vandføringen i Hundstrup Å først de 1.295 l/s ved de store afstrømninger. Det er først ved vandføringer, der ligger over den røde streg på figuren, at turbinen kan anvende 350 l/s til driften og samtidig opfylde kravet fra Miljøstyrelsen til vandfordeling på 30 % af vandføringer over 204 l/s.



Figur 2: Målte vandføringer (m³/s) i Hundstrup Å ved st. 6.86 m ved Elleskov Mølle i perioden fra 2008 til 2018. Den røde streg viser den omtrentlige placering af vandføringen på 1.295 l/s over den målte 10 årige periode.

På Figur 1 ses en varighedskurve over vandfordelingen. Det fremgår af figuren, at vandføringen i Hundstrup Å statistisk set kun overstiger de 1.295 l/s 9,7 % af tiden.

Dog må det fortsat forventes, at ejer fortsat kan drive turbinen hyppigere end de 9,7 % af tiden med mindre vandføring tilgængelig for turbinen og dermed også med tilhørende mindre effekt.

På det foreliggende grundlag og på baggrund i ovennævnte vurderes det dog, at såfremt kravet fra Miljøministeriet til vandføring til en passage ved Gundestrup Mølle skal efterleves, vil det ikke længere være muligt at drive turbinen kommercielt, som herefter alene kan anvendes til museumsdrift.

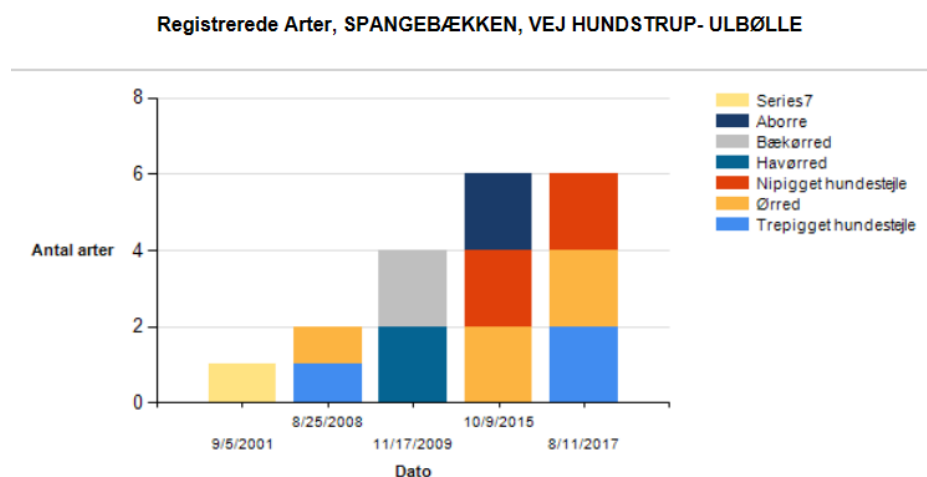


4 Fisk i Hundstrup Å og deres vandringsmønster

Rådgiver har foretaget en analyse af fiskearter, der forekommer i Hundstrup Å ud fra eksisterende elbefiskningsdata. I analysen indgår endvidere en vurdering af, hvornår disse fisk har behov for at vandre i et vandsystem og dermed har behov for at passere opstemningen ved Gundestrup Mølle.

Ifølge Miljøportalen er der registreret ørred, ål samt tre- og nipigget hundestejle i systemet, hvilket bekræftes af den tekniske forundersøgelse fra Rambøll. Der er desuden registreret arter som gedde, aborre og skaller, som typisk er tilknyttet stillestående vand i systemet ved eksempelvis damme og mindre søer eller stuvningspåvirkede strækninger.

Der er alene få vandløbsstationer i Hundstrup Å systemet, hvor der foretages regelmæssig undersøgelse af fiskebestandene. Der er en station i Spangebækken, hvor der over en længere periode er registreret 4 forskellige arter (der skelnes her ikke mellem ørred, havørred og bækørred). Sammensætning af fiskebestanden på den undersøgte station siden 2001 ses på Figur 3.



Figur 3: Registrerede arter i Spangebæk, fra Arealinfo.dk.

Vandringer hos fisk kan opdeles i tre typer, som er hhv. gydevandring, fødevandring og refugievandring.

Det vurderes, at det kun er arterne ål og ørred i Hundstrup Å systemet, som har behov for at vandre op- og nedstrøms i forbindelse med deres livscyklus (gydevandring), og de arter er derfor sårbare overfor negative fysiske påvirkninger af vandringen.

De øvrige arter, der er registreret i vandsystemet, har ikke et behov for at vandre op- og nedstrøms i forbindelse med deres livscyklus. Senere forskning har dog vist, at stort set alle fiskearter, der opholder sig i ferskvand, foretager vandring i et



eller andet omfang som f.eks. refugievandring (Aarestrup et al. 2006). De øvrige arter har således også behov for at have fri adgang uden fysiske forhindringer, der sikrer deres vandringer, og som skaber muligheden for, at fiskene kan sprede sig ud i systemet til gavn for bestandsstørrelserne og dermed arternes rubusthed. Vandringssystemerne hos disse arter kan være komplekse og er endnu ikke fuldt ud afdækket. Samtidig er det ofte kun en del af bestanden, der vandrer.

Som nævnt ovenfor er hindringer af vandringer hos arterne ål og ørred særlig problematisk, idet de ikke er i stand til at reproducere, hvis vandringerne igennem deres livscyklus forhindres. På Figur 4 ses, at ørred har behov for at vandre i langt hovedparten af året betragtet for bestanden som helhed og som et gennemsnit for Danmark. Imidlertid er der betydelige geografiske forskelle i Danmark i forhold til ørredens vandringmønster.

Figur 3

VANDRINGSBEHOV

Vandringsbehov hos udvalgte danske ferskvandsfisk. På alle tider af året er der fiskearter som har behov for at vandre.

LAKS

ØRRED

ÅL

SANDART

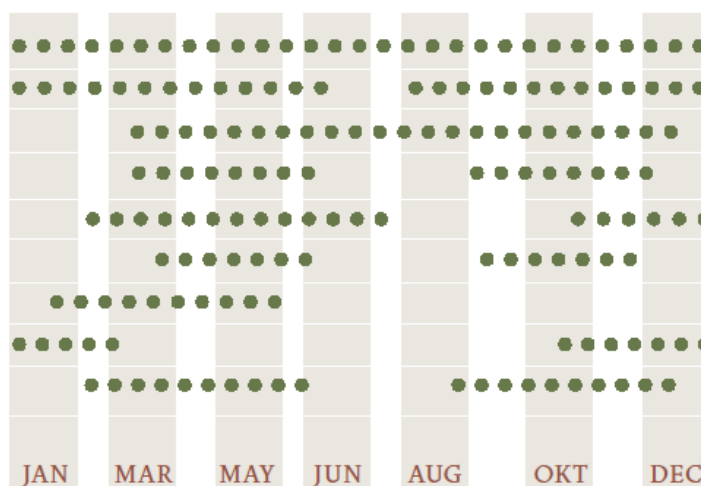
LAMPRET

ABORRE

GEDDE

HELT

LØJE



Figur 4: Vandringsbehov hos fisk i ferskvand (Aarestrup et al. 2006).

Vandring hos ørred

Vandring hos ørred som led i deres livscyklus kan inddeles i tre hovedtyper, som er hhv. optræk af opgangsfisk (gydefisk), nedtræk af smolt (afkom) og udlegede gydefisk (nedgængere).

Opstrøms vandring hos opgangsfisk

Tidspunktet for opgangen af havørred på gydevandring varierer i betragtelig grad fra vandløb til vandløb. Der er eksempelvis typisk store forskelle i opgangstidspunkt. Det er alment kendt, at gydevandringen i nogle vandløb allerede initieres i april/maj og fortsætter helt frem til gydningen i perioden fra oktober til marts (Jensen 1998) med primær periode omkring november/december (Jensen 1988).



Opgangen i Odense Å er beskrevet ved en fisketæller placeret ved Dalum Papirfabrik. Opgangen starter omkring slutningen af september, mens størstedelen af opgangen sker i anden halvdel af oktober og november (Dahl et al. 2013). Opgangen er afhængig af vandføringen i åen, og dermed kan årsvariationer i vandføring og temperatur påvirke opgangen. Således kunne man i 2005 registrere over 25 % af årets havørredopgang i juli måned. Hvis eksempelvis store afstrømninger udebliver trækker havørrederne alligevel op, når gydetiden nærmer sig (Kristiansen 1991).

Generelt har havørreder korte ophold i små vandløb i forbindelse med gydningen og længere ophold i store vandløb (Kristiansen 1991). På denne baggrund vurderes det, at havørredopgangen i Hundstrup Å, som er et mindre vandløb end Odense Å, sker senere end i Odense Å, og at opgangen sandsynligvis primært være fra oktober til januar måned.

Nedstrækkende smolt

Ynglen lever i gennemsnit 2 år i ferskvand, inden den er klar til at forlade vandløbet og vandre ud i havet (Christensen et al. 1993). Inden den unge havørred, som på nuværende stadie kaldes en parr, forlader vandløbet, undergår den en række fysiske og fysiologiske tilpasninger kaldet smoltifikation, som er nødvendige for havørredens fremtidige liv i det salte miljø i havet.

Smoltifikationen omdanner den unge ørred til en såkaldt smolt. Ørreden har et begrænset tidsrum på 2 til 3 uger for den enkelte fisk, hvor den kan fuldføre sin vandring fra det ferske til det salte miljø, som benævnes som smoltvinduet. En forsinkelse pga. én eller flere spærringer i et vandsystem kan yderligere betyde, at smolten ikke når i havet i den periode, hvor den er fysiologisk optimalt tilpasset til overgangen til saltvand (Aarestrup m.fl. 2006).

Såfremt smolten ikke når ud i havet indenfor det temperaturstyrede smoltvindue, mister den sin evne til at overleve i det salte miljø igennem den proces, som kaldes afsmoltificering, hvor smolten omdannes til den oprindelige ferskvandstilstand (McCormick et al. 1999).

Smoltvandringen nedstrøms sker i foråret i perioden fra marts til maj (Rasmussen 1986, 1992, Nielsen¹ 1997). Koed et al (1997) fandt, at smoltudtrækket i Odense Å finder sted fra omkring starten af april til midt/udgangen af maj. Der er samtidig år til år variationer i, hvornår smolt nedtrækket starter og hvilken temperatur, der initierer nedtrækket.

Smoltvandringen nedstrøms sker som regel i perioden fra solnedgang til solopgang, hvor nedtrækket dog er størst i skumringen eller i gryet om morgenen



(Nielsen¹ 1997, Jepsen & Aarestrup 1996). Fiskene kan dog også trække om dagen (Leonko & Chernitskiy, 1986).

Vandtemperaturen har betydning for smoltvandringen i foråret (Rasmussen 1986, 1992, Nielsen 1996). Koed et al (1997) viste, at udtrækket af vilde ørredsmolt i Odense Å initieres ved temperaturer over ca. 6 °C og kulminerer, når vandtemperaturen overstiger 8-10 °C (Jørgensen 1992, Rasmussen 1992, Plesner 1994, Nielsen 1996).

Der er også eksempler på, at vandtemperaturen ikke er afgørende for smoltnedtræk (Bakshansky et al 1976), eller at smolttræk kan fortsætte uændret, selv om at vandtemperaturen falder (fra litteraturstudie af Nielsen¹ 1997).

Vandføringen er en af de vigtigste faktorer for intensiteten af smolttrækket hos laks og ørred. Antallet af vandrende smolt stiger normalt ved stigende vandføring, som giver gode vandhastigheder, uklart vand og bedre muligheder for smoltens overlevelse. Man må som udgangspunkt formode, at nedtrækkende smolt og andre fisk på nedstrøms vandring fordeler sig efter vandføringen, så eksempelvis 75 % af smoltene vil vandre i den retning, hvor 75 % af vandet løber. Modsat kunne Jepsen et al (1997) og Nielsen (1996) ikke finde en sammenhæng imellem vandføring og smoltudtræk i hhv. Gudenåen og i et fynsk vandløb. Den kan i begge undersøgelser hænge sammen med, at der ingen kraftige vandføringsstigninger var i de respektive undersøgelsesperioder for smoltnedtrækket. I tilfælde af regnhændelser i perioden, hvor fiskene trækker, forventes der dog en større intensitet af de nedtrækkende smolt.

Fra litteraturstudie udført af Nielsen (1997) forsvinder der i gennemsnit 1,5 % af smoltene for hver kilometers vandring. I vandløbssystemer hvor der er søer, opstemninger eller stuvningspåvirkede vandløbsstrækninger, er smolttabet langt større. Nielsen (1997) oplyser til sammenligning, at smolttabet i søer i gennemsnit er på 15 % for ørredsmolt for hver km, de svømmer i en dansk sø.

Deling af vand imellem vandløb og andet formål som til dambrug eller turbine har negativ indvirkning på smoltens nedstrøms vandring (Aarestrup et al. 2006). Der er en direkte sammenhæng imellem mængden af vand, der indtages og smolttabet. Haraldstad et al. (2018) fandt ligeledes, at størst mulig vandføring uden om kraftværker til en fiskepassage er afgørende for, at nedtrækkende smolt hos laks kan vandre forbi et kraftværkindtag. I Danmark anbefalede Faunapassageudvalget i 2004, at den samlede vandindvinding ikke bør overstige 50 % af vandløbets medianminimumsvandføring (Jensen et al. 2004, Nielsen et al. 2010).



Forsøg med at opsætte overfladebarrierer ved vandindtaget til dambrug for at undgå smolttab (smolt trækker i de øvre vandlag) har ikke vist nævneværdig effekt (Aarestrup et al. 2006). Det afgørende for at minimere et smolttab er således at undgå en vandfordeling.

Udlegede gydefisk

I det øjeblik at ørreden har overstået sin gydning kaldes fisken en nedfaldsfisk. Nedfaldsfiskene vandrer herefter nedstrøms mod deres fødesøgningsområder i havet.

Tidspunktet for udtrækningen af nedgangshavørred varierer i betragtelig grad fra år til år og fra vandløb til vandløb.

Nogle fisk vandrer direkte imod havet efter endt gydning, men andre overvintrer i vandløbet og søger først imod havet om foråret. Nielsen (1996) fandt således nedfaldsfisk i fynsk vandløb i juni måned. Der er ofte en betydelig spredning i antallet af dage nedfaldsfisk opholder sig i vandløb fra få dage til over 2 måneder. Fiskenes afventning i ferskvand til udvandringen i saltvand kan tilskrives at fiskene igen skal "re-smoltificere" (Saunders et al. 1994). Det vil sige, at de fysiologisk igen skal tilpasses livet i saltvand.

Nedgangshavørreder trækker primært nedstrøms som natten, som typisk falder sammen med større afstrømninger og stigende vandtemperaturer. Natvandringer vil reducere risikoen for prædation (Lucas & Baras, 2001).

I en dansk undersøgelse af Svendsen et al. (2004) fastslog man, at nedfaldsfiskenes vandring efter endt gydning ikke er umiddelbart afhængig af faktorer som afstrømning og temperatur, men vurderes nærmere at ske som konsekvens af endt gydning og deres søgning efter føde.

Der forekommer dog litteratur, som viser, at vandring nedstrøms delvis styres af vandføringen og temperaturen (Arnekleiv et al. 2007; Jonsson & Jonsson 2002). I Jonsson & Jonsson (2002) blev der registreret en øget nedgang af havørreder i perioden fra februar til midten af maj, som vurderes at skyldes en stigning i vandtemperaturen. Migrationen nedstrøms vurderes således at initieres af mindre favorable forhold for fiskene.

Lave temperaturer resulterer i et lavere stofskifte, som kan have en effekt på fiskenes aktivitetsniveau. Vandringen nedstrøms igennem vandløbet er typisk ikke så ressourcekrævende, da vandringen foregår med strømmen. Dette understøttes af Arnekleiv et al. (2007), som observerede nedstrøms migration for ørreder ved vandtemperaturer helt ned til 0,1–0,8 °C.



Vandringer hos ål

Ifølge www.fiskepleje.dk søger ål vinterdvale, når vandtemperaturen kommer under ca. 8 °C. Når vandtemperaturen i løbet af efteråret falder, søger ålene mod områder, hvor de kan overvintrere. I vandløb sker overvintringen fx i de nedre, dybere dele af vandløbene, ved kildefremspring og lignende frostfrie steder. Om vinteren er der derfor meget få ål i de øvre dele af vandløbene, men når vandtemperaturen begynder at stige om foråret, søger ålene igen op i vandløbene for at søge føde.

I løbet af efterårsmånederne vandrer blankålen fra opvækstområderne i søer og vandløb mod havet (Tesch 2003). Vandringerne er ikke kontinuert men foregår om natten i forbindelse med tiltagende afstrømninger i vandløbene. Blankålen følger typisk hovedstrømmen i vandløbet. Der er eksempler på, at ålen har ringe mulighed for at finde et omløb ved dambrug, når vandføringen i vandløbet er lav samtidig med dambruget indtager hovedparten af vandføringen (Pedersen & Jepsen, 2012).

Lokkestrøm ved opløb ved opstemninger er vigtige i forhold til om fiskene kan finde passagen. Opstemninger kan give forsinkelser i vandringen (Pedersen et al. 2011) med øget prædation fra fugle og fisk til følge (øget dødelighed). Pedersen & Jepsen (2012) viste forsinkelser ved ålens nedstrøms vandringer ved dambrugs- og kraftværksopstemninger i vandløb med etableret omløbspassage på op til 50 dage. De peger på, at vandfordelingen har betydning for passagen, idet ålene følger hovedstrømmen.

Endvidere vandrer blankålene om natten og er passive om dagen.

Smådyr

Vandringer hos smådyr er meget komplekse og meget artsspecifikke og vel ikke fuldt ud belyst.

For nogle arters vedkommende er vandringen hængt op på deres livscyklus fra et lavestadie nede i vandløbet til en flyvende voksenstadie.

Der er eksempler på at arter i deres voksenstadie flyver opstrøms for at lægge æg i vandet. Opstrøms vandringen forhindrer dyrene i over tid at blive skyllet nedstrøms af vandets kræfter.

Generelt må det antages, at smådyr, der er tilknyttet levesteder i strømmende vand, og som ledes til søområdet ved Gundestrup, ikke kan finde egnede levesteder i søområdet, hvorved de vil gå til grunde (Aarestrup et al. 2006).

Endvidere må det antages at søområdet vil fremme udvikling af smådyrsarter, der er tilknyttet stillestående vandområder, hvor der er andre substratmæssige



bundforhold sammenlignet med vandløbet op- og nedstrøms. Det forventes at være tilfældet i både møllesøen og på den opstrøms beliggende strækning, der er stuvningspåvirket.

Undersøgelser har dog vist, at tabet til anden anvendelse (turbinde eller dambrugsdrift) kan være af underordnet betydning for et vandløbs samlede smådyrsfauna (Aarestrup et al. 2006, Skriver & Friberg 2006). Denne konklusion blev dog anvendt i en situation, hvor der måtte ledes 50 % af medianminimum til et dambrug. Såfremt der ledes mere vand ind til andet formål kan der være en større negativ effekt på smådyrsfaunaen end nævnt ovenfor.



5 Forslag til vandfordeling

Indledningsvis skal det nævnes, at ovennævnte litteraturstudie omkring vandringer hos fisk sammenholdt med ejers ønske om mest mulig vand til turbinedrift viser, at det ikke er muligt at finde en løsning, der fuldt ud tilgodeser begge hensyn.

Der skal således træffes et valg eller indgås et kompromis.

Hvis der fortsat skal være turbinedrift ved Gundestrup Mølle vil det være nødvendigt, at der indgås kompromiser både med hensyn til vandforbrug til vandkraften, men ligeledes i forhold til varetægelse af de biologiske interesser, der er forbundet med passage på lokaliteten.

Ovennævnte litteraturstudie viser overordnet set og ud fra generelle betragtninger følgende:

- Smolt nedtræk sker i perioden fra april-maj.
- Opgangsfisk (havørred) vandrer fra oktober til januar
- Nedfaldsfisk (udlegede havørred) vandrer fra december til maj
- Glasål (yngel fra ål) vandrer fra april til oktober (med forventet hovedtræk i foråret)
- Blankål (gydemodne fisk) vandrer om efteråret
- Øvrige fiskearter – foretager vandringer som ikke er livscyklusbestemt
- Smådyr - foretager vandringer – meget artsspecifikt.

I forhold til vandføring i et vandløb viste litteraturstudiet videre, at;

- Nedstrøms vandring hos smolt responderer i betydelig grad negativt overfor opstemninger og vandfordelinger væk fra vandløbet,
- Smolt vandrer med hovedstrømmen og ved store afstrømninger,
- Opgangsfisk, nedfaldsfisk og blankål vandrer med hovedstrømmen og ofte ved store afstrømninger,
- Nedfaldsfisk og blankål vandrer om natten (til dels også opgangsfisk).

Forslag til vandfordeling

Med ovennævnte biologiske betragtninger vil anbefalingen til indretning af fremtidig vandfordeling og anvendelse af vandfordeling være følgende:

1. Ingen turbinedrift under smoltens nedstrøms vandring i perioden april-maj (hele vandføring til faunapassage).
2. 50/50 fordeling af vandføringen imellem vandløbet (faunapassagen) og turbinen i den øvrige del af året (det kan ikke anbefales, at der indtages

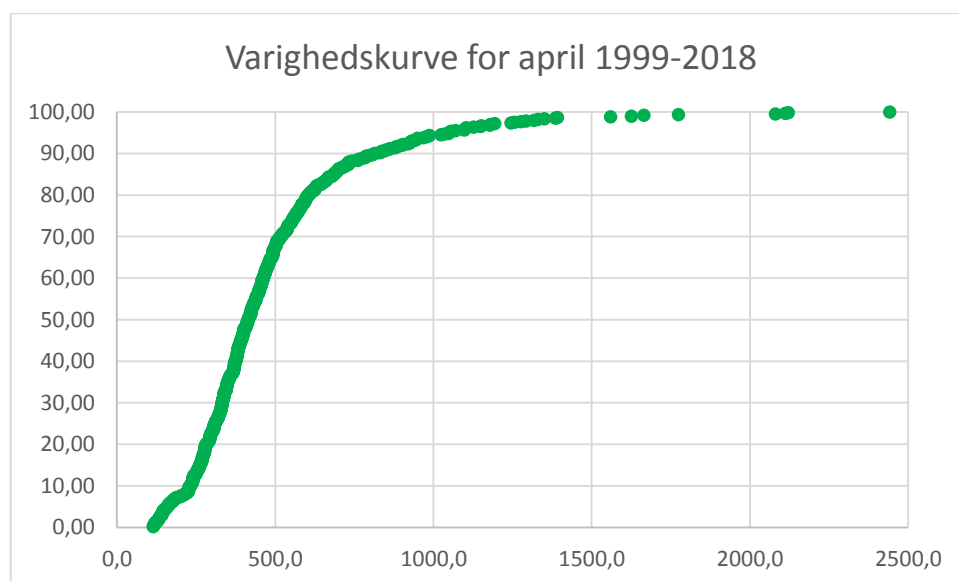


- mere vand til turbinen, end hvad der tilføres vandløbet, idet de vandrende fisk som havørred og ål vandrer med hovedstrømmen i både op- og nedstrøms retning).
3. Minimum tilledning af 50 % af medianminimumvandføringen til omløbsstryget. Når vandføringen er lavere end Q_{min}
 4. Flere af arterne vandrer om natten, hvorfor det også biologisk set kan anbefales, at der er driftsophør om natten (imidlertid vurderes det, at et sådant krav vil skabe vanskelige/urimelige driftsvilkår for ejer med flere kontinuerlige mekaniske indgreb hvert døgn).
 5. Indløb til møllesø og turbine indrettes teknisk set således, at tabet af vandrende fisk hertil minimeres mest muligt.
 6. Udløb fra turbinekanalen indrettes teknisk set således, at fejlvandringer ind i kanalen minimeres mest muligt.
 7. Indløbet til faunapassagen indrettes således at der opnås størst mulig lokkestrøm til nedstrøms vandrende fisk.
 8. Tab af vandløbslevende smådyr ind i møllesøen vurderes ikke kritisk for bestanden.
 9. Faunapassagen etableres med kortest mulig stuvningspåvirket vandløbsstrækning (ejers forslag til placering af passage skaber en stuvningsstrækning på ca. 1 km).

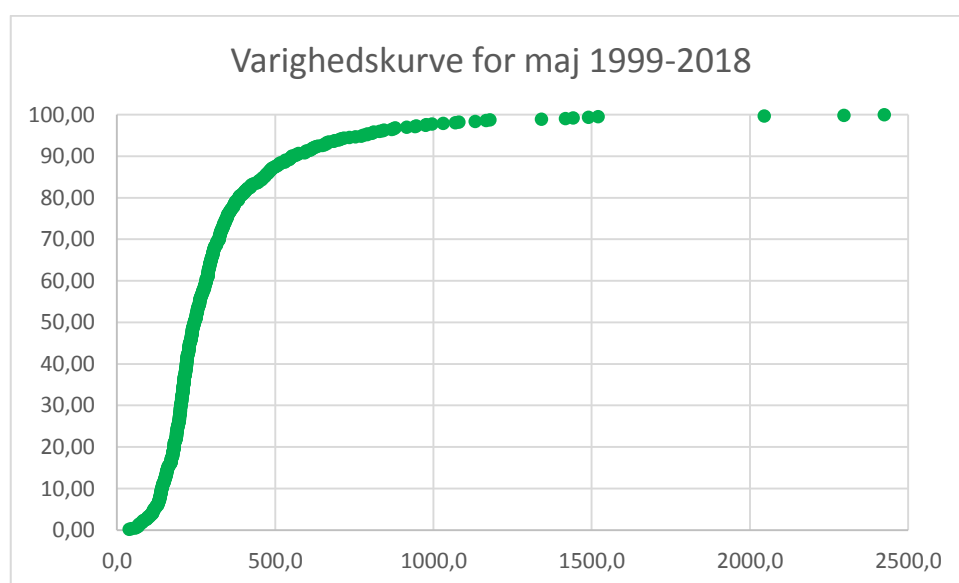
Ingen turbinedrift i perioden april-maj

På Figur 5 ses en varighedskurve for vandføring i Hundstrup Å i april som gennemsnit over en 20-årig periode.

I april måned ligger 65 % af observationerne over 350 l/s. Ejer kunne forventeligt drifte turbinen i 65 % af tiden i april, hvilket der med dette forslag ikke længere vil være mulighed for. På tilsvarende vis viser Figur 6, at 24 % af observationerne ligger over 350 l/s i maj måned.



Figur 5: Varighedskurve for vandføring i Hundstrup Å i april (dataserie 1999-2018).



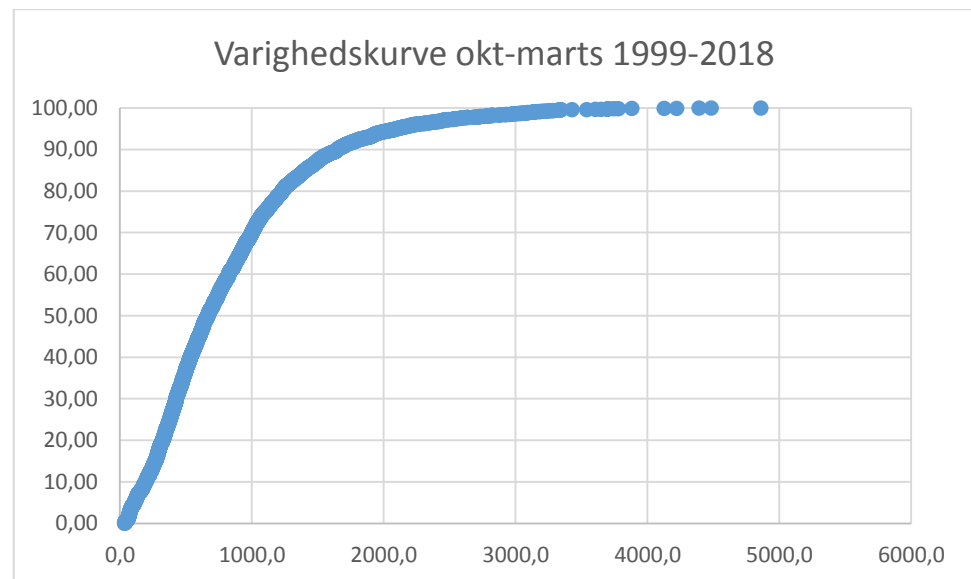
Figur 6: Varighedskurve for vandføring i Hundstrup Å i maj (dataserie 1999-2018).

Der er således størst driftstab for ejer i april måned som gennemsnit, hvorimod i maj er vandføringer over 350 l/s mindre hyppige.

Ligelig fordeling af vand imellem vandløb og turbinedrift

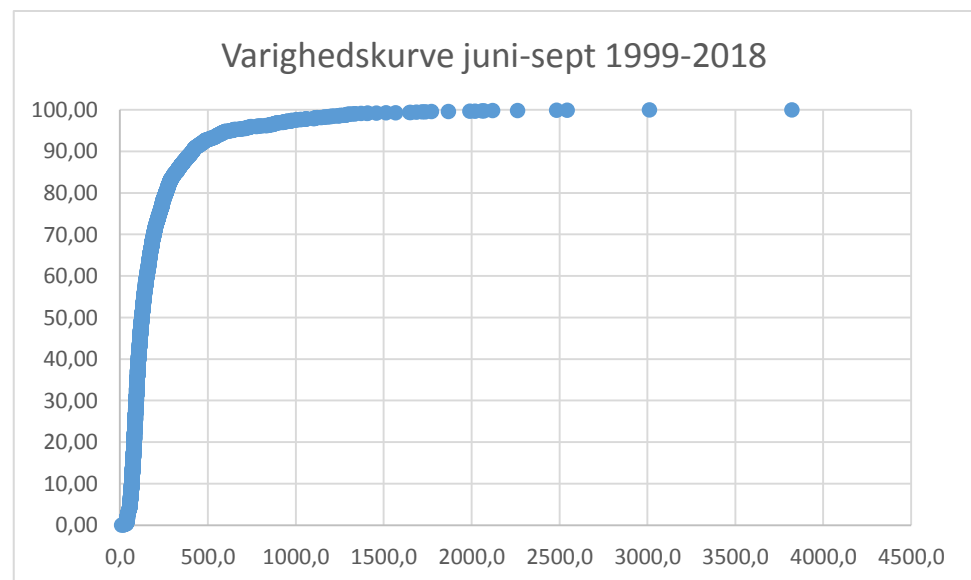
I vinterhalvåret ligger 77 % af observationerne over 350 l/s.

Såfremt det aftales, at der sker en deling af vandet, vil ca. halvdelen af observationerne ligge under 700 l/s i perioden (det svarer til, at turbinen skal bruge 350 l/s og vandløbet får en tilsvarende mængde).



Figur 7: Varighedskurve for vandføring i Hundstrup Å i perioden fra oktober til marts (dataserie 1999-2018).

Om sommeren ligger 86,8 % af observationerne under 350 l/s. Det svarer til, at der alene i ca. 13 % af tiden tilstrækkelig vand til turbinedrift under forudsætning om denne minimumsvandføring, før turbinen kan køre. I omtrent 5 % af tiden i sommerhalvåret forventes det, at der vil være tilstrækkelig vand til at både vandløb og turbine kan have vand samtidig (700 l/s).



Figur 8: Varighedskurve for vandføring i Hundstrup Å i sommerperioden fra juni til september (dataserie 1999-2018).

Forudsætningen for denne vandfordeling, som klart tilsidesætter Miljøministeriets anbefaling/krav i kriteriebekendtgørelsen til vandfordeling på 50 % af Q_{min}



vandføringen til andet brug, er, at indretningen af både vandindtag og –udtag indrettes således, at der opnås mindst muligt lokkestrøm ind til turbinen.

Indløbet til møllesø kan eksempelvis ske over en lang hammer (kant), hvilket skaber en lille vanddybde hen over hammeren, og som dermed sænker vandhastigheden ind til møllesøen, hvormed lokkestrømmen bliver mere diffus. Endvidere etableres et egentligt vandløbsprofil frem til faunapassagen, hvilket vil sikre en veldefineret strømning, der kan fungere som lokkestrøm og sikrer, at fiskene vælger hovedstrømmen til nedstrøms passage.

Forudsætningen, for at ovennævnte kan fungere, er, at vandspejlsforholdene (faldet) kan indrettes således, at der kan trækkes vand ind over hammeren. Det kan derfor betyde, at der skal foretages mindre justeringer i højden af det eksisterende vandspejl i møllesøen. Det bør afklares nærmere med ejer, om det er teknisk muligt. Alternativt kan det vise sig nødvendigt at øge stuvningszonen ved at introducere fald omkring hammeren for at sikre den sluttelig aftalte vandfordeling.

Alternativt etableres et indløb til møllesøen via en indløbskasse (stål), indholdende en profiludskæring, der sikrer et vandindtag på 350 l/s, når afstrømningen overstiger 700 l/s. På Figur 9 ses et eksempel på en stålkasse, der skal fungere som indtag til et dambrug. I dette eksempel placeres stålkassen i ydersiden af et sving, der bidrager til at sikre en vis form for selvrensning af risten grundet høje vandhastigheder i ristens længderetning. Fronten af indløbet etableres som en rist, der forhindrer tab af fisk indtil møllesøen.



Figur 9: indløbskasse til indløb til Hvilested Dambrug ved Kolding Å/Vester Nebel Å.



Endvidere skal udløbet fra bagkanalen fra turbinen på tilsvarende vis indrettes således at lokkestrømmen ud i Hundstrup Å vil være minimal. Det kan gøres ved, at der etableres en stor vandløbsbredde med en lille vanddybde, der skaber en diffus udstrømning af vand. Det skal fjerne en eventuel lokkestrøm fra bagkanalen, hvilket vil reducere risikoen for, at opstrøms vandrende fisk ikke fejlvandrer ind i bagkanalen.

6 Biologisk effektvurdering

Indledningsvis skal det påpeges, at man i udgangspunktet bør følge Miljøministeriets anbefaling til vandfordeling med, at der kun maksimalt må fjernes 50 % af Q_{min} til enhver tid. Anbefalingen beror på resultater af en lang række undersøgelser, vurderinger m.v. udført af bl.a. DCE (tidligere Danmarks Miljøundersøgelser), DTU Aqua, Faunapassageudvalget, m.v., der viser, at det har negative konsekvenser for vandringer hos fisk og smådyr, hvis vandfordelingen til andet formål (turbine, dambrug m.v.) bliver større end de anviste 50 % Q_{min} .

Imidlertid har vi i dette notat forsøgt at imødekomme et fortsat ønske hos ejer til turbindrift og i forlængelse heraf afsøgt tekniske muligheder, hvor den negative biologiske effekt af en fortsat vandfordeling til driften begrænses mest muligt.

Effekt på smolt nedtræk

Ifølge ovennævnte litteraturstudie vandrer smolten i vandløb i perioden fra april til maj. I denne periode er smolten meget følsom overfor en vanddeling, idet fiskene i større eller mindre omfang vandrer passivt og følger derfor hovedvandstrømmen nedstrøms. Tabet af smolt over turbinen forventes derfor at være direkte forbundet med fordelingen af vand imellem turbine og vandløbet.

Da smoltens nedstrøms vandringer er meget følsomme overfor vanddelinger og opstemningsanlæg, anbefales det, at der ikke anvendes vand til turbinedrift i april og maj måned. Såfremt denne anbefaling følges vil projektforslaget kun have mindre betydning for smoltudtrækket fra Hundstrup Å.

Da der er årsvariationer i tidspunktet for smolt nedtræk, som er styret af hovedsagelig temperatur og vandføring, kan det ikke udelukkes, at der kan opstå situationer, hvor det årlige nedtræk af smolt enten sker før eller efter ovennævnte periode alt efter vandføring, eller om det har været et koldt eller varmt forår. Såfremt der ikke er turbinedrift i to måneder forventes smolttabet uden for perioden dog at være minimal. Der vil dog med overvejende sandsynlighed forekomme en tab uden for de 2 måneder – på anslået 10-15 %.

Der er ved at være en generel opfattelse af, at der ligeledes kan ske et nedstræk af smolt om efteråret. Dette er dog ikke belyst i et større omfang, hvorfor dette forhold ikke kan kvantificeres nærmere.



Løsningen med faunapassage vil endvidere afstedkomme, at der vil være en strækning på ca. 1 km, der fortsat er stuvningspåvirket opstrøms møllesøen. Undersøgelser viser at der er et betydeligt smolttab på stuvningspåvirkede strækninger af vandløb sammenlignet med strækninger med strømning. Der forsvinder i gennemsnit 1,5 % af smoltene for hver kilometers vandring i et naturligt vandløb. I søer er smolttabet typisk på 15 % pr. km vandring, som den aktuelle strækning kan sammenlignes med. Det må derfor forventes, at der vil være et smolttab på op til 15 % på denne strækning, som opretholdes uændret.

Effekt på optræk af glasål

På tilsvarende vis vil optræk af glasål i foråret i april, maj måned kunne ske uforstyrret, hvis der ikke er turbinedrift i denne periode. Øvrige fiskearter samt smådyr har på tilsvarende vis mulighed for uhindret at vandre op- og nedstrøms i forårsperioden.

Nedstrækkende havørred (udlegede fisk)

En vandfordeling på 50/50 imellem faunapassage og turbine i den resterende periode af året forventes at have en indvirkning på vandringen af faunaen forbi Gundestrup Mølle.

Generelt set kan det antages, at der sker et 50 %'s tab af nedtrækkende fisk (udlegede fisk) til møllesøen, da fiskene følger hovedstrømmen, der er ensartet fordelt.

Da disse fisk ikke har et vandringsmønster i en nedstrøms retning men også lokalt og kortvarigt kan vandre opstrøms, kan det ikke udelukkes, at nogle af fiskene returnerer til vandløbet, hvis de er fejlvandret ind i møllesøen og herefter fortsætter nedstrøms igennem faunapassagen.

Såfremt vandfordelingen ledsages af ovenævnte forslag til indretning af bygværket til vandfordeling imellem passage og turbine kan tabet af nedtrækkende fisk sandsynligvis reduceres betragteligt. Men det skal påpeges, at uanfægtet af tiltag, der skal begrænse fejlvandring, vil der være et tab af fisk ved opstemningen, som følge af vandfordelingen (en stålkasse med net sikrer dog imod fejlvandring).

Såfremt projektet gennemføres med opsat stålkasse med net reduceres fejlvandringen betragteligt eller tilnærmelsesvis elimineres.

Skønsmæssigt vurderes det, at tabet kan ligge i størrelsesordenen 20-25 % af de nedstrækkende fisk ved tekniske løsninger (eksempelvis indløb via en bred karm)



uden afgitring. Indløbsstålkassen vil reducere tabet yderligere – endsige fjerne tabet.

Optrækkende ørred (gydemodne fisk)

Der er som anvist i litteraturstudiet store årstids- og geografiske variationer i tidspunktet, for hvornår opgangshavørred trækker. På Fyn og i tilsvarende størrelse vandløb som Hundstrup Å vurderes det dog, at opgangen starter i oktober ved de større afstrømninger og varer indtil midt/udgangen af januar.

For opgangsfisk handler fordeling af vand imellem vandløb og turbine om at undgå, at fiskene fejlvandrer ind i bagkanalen til turbinen og dermed forsinkes i deres opstrøms vandring.

Det vurderes, at en vandfordeling på 50/50 for opgangsfisk er mindre kritisk under forudsætning af, at udløbet fra turbinekanalen etableres lavvandet og bredt med diffus udstrømning. Herved etableres en lokkestrøm hen imod fiskepassagen, som vil være større sammenlignet med udløbet fra turbinekanalen. Endvidere trækker opgangsfisk ofte ved store vandføringer, hvor der tilledes større mængder vand til passagen end til turbinen, der kun kan anvende 350 l/s. Det vil minimere risikoen for fejlvandring ind i turbinekanalen.

Endelig viser undersøgelser, at opgangsfisk, der fejlvandrer, ofte vender om og returnerer nedstrøms, hvilket øger muligheden for, at de efterfølgende ”finder rigtig” igennem passagen. Dette forhold omhandler den geografiske adskillelse af udløbet fra turbinen samt omløbsstryget.

Det må videre antages, at risikoen for fejlvandring ind i bagkanalen er direkte proportional med vandføringen til turbinen. Såfremt vandføringen til turbinen overstiger vandføringen i et omløbsstryg må det antages, at fejlvandringen vil være mere udtalt.

Der er dog en risiko for, at de bliver forsinket under gydevandringen ved fejlvandring ind i turbinekanalen. Da gydningen for ørred sker over en lang periode fra typisk november til januar vil der ved eventuelle forsinkelser i vandringen fortsat være mulighed for, at fiskene når gydepladerne retmæssigt i gydesæsonen. Samlet set vurderes det derfor, at tabet af opgangsfisk, der direkte er forbundet med vandfordelingen, er begrænset.

Nedtrækkende blankål

Nedtrækkende blankål sker typisk om efteråret, og fiskene følger også hovedstrømmen som udlegede havørreder og smolt. Det antages, at ålen trækker langs bunden, og at strømningen er en væsentlig parameter for deres nedstrøms passage.



Ved at skabe et diffust indløb til møllesøen samtidig med et veldefineret åløb imod fiskepassagen antages det, at det refugiegivende profil med en tydelig strømning vil sikre, at hovedparten af ålene vandrer nedstrøms igennem passagen. Der må dog forventes et tab af fisk, da der alt andet lige sker en vandfordeling. Størrelsen heraf er vanskelig at kvantificere, men antages at ligge omkring 0-10 %. Anvendelse af stålkasse med net vil dog begrænse tabet betydeligt.

I vinterperioden søger ål nedstrøms i vandsystemer for at overvintre i de nedre dele af å systemerne. På tilsvarende vis returnerer de til de øvre strækninger om foråret. De foretager dermed en sæsonvandring, der sandsynligvis er styret af temperatur. Vandringsmønsteret ved denne vandring er ukendt, men det må antages, at de følger samme mønster som ved nedtrækkende blankål.

Vandringer hos øvrige fiskearter

En 50/50 vandfordeling vil også påvirke vandringsmønsteret for de øvrige registrerede fiskearter i Hundstrup Å. Vandringen hos disse arter er umiddelbart bestemt af en livscyklus som ved ål og ørred. Samtidig formodes det, at der sker vandring, som er mere diffus og mere individ- end bestandsbestemt.

Det vurderes derfor, at påvirkningen af vandfordelingen ikke er kritisk for disse bestande, idet vandringen kan foretages og samtidig vurderes det ikke kritisk, såfremt fiskene i kortere eller længere perioder tager ophold i turbinekanal eller i Mølledammen.

Fisk, der modsat føres igennem turbinen, vil sandsynligvis skades eller dø under turbinepassagen. Omfanget heraf kan ikke kvantificeres yderligere.

Vandringer hos smådyr

Vandringer hos smådyr er meget komplekse og meget artsspecifikke. For nogle arters vedkommende er vandringen hængt op på deres livscyklus fra et lavestadie nede i vandløbet til en flyvende voksenstadie.

Der er eksempler på at arter i deres voksenstadie flyver opstrøms for at lægge æg i vandet. Disse arter vil med den valgte løsning forsat kunne foretage dette vandringsmønster. Endvidere vil der være fuld hydraulisk kontakt imellem vandområderne op- og nedstrøms, således at smådyrsbestandene er bundet sammen. Men uanset hvad vil der være individer, der er tilknyttet et fysisk vandløbsmiljø med strømmende og rent vand, som vil kunne føres ind i møllesøen, hvor der er et andet fysisk miljø med stillestående vand og bundaflejringer, og hvor de sandsynligvis vil gå tabt.



Undersøgelser (fra faunapassageudvalget) har dog vist, at dette tab ikke vil påvirke bestanden af smådyr i betydelig negativ grad.



7 Anvendt litteratur

Aarestrup, K. Svendsen, J. Skriver, J. Baktoft, H. Rasmussen, G. 2006, Slutrapport for faunapassageprojektet.

Aarestrup, K. Koed, A. Møller, T. 2006, Opstemninger – forarmelse af vandløbene. Fisk & Hav, nr. 60.

Arnekleiv, J.V., Krannbøl, M. & Museth J. 2007. Efforts to aid downstream migrating brown trout (*Salmo trutta* L.) kelts and smolts passing a hydroelectric dam and a spillway. *Hydrobiologia* 582:5–15, DOI 10.1007/s. 10750-006-0547-8

Bakshansky, A.L., Barybina, I.A. & Nesterov, V.D. 1976. Changes in the intensity of downstream migration of Atlantic salmon smolt according to abiotic conditions. International Council for the exploration of the sea C.M. 1976/M:4, Anadromous and catadromous fish committee, 12 sider.

Christensen, O., Pedersen, S. & Rasmussen, G., 1993. Review of the Danish stocks of sea trout (*Salmo trutta*). International Council for the Exploration of the Sea. C.M 1993M:22.

Dahl, S.Ø., Madsen, F.N. & Petersen, B.S. 2013. Fynsværkets kølevandsudledning: Vurdering af data om vandrefisk i Odense Å og Stavids Å. Rapport af Orbicon til Fynsværket/Vattenfall A/S, vers. 2 af 30. januar 2013.

Haraldstad, T., Höglund, E., Kroglund, F., Haugen, T.O. & Forseth, T. 2018. Common mechanisms for guidance efficiency of descending Atlantic salmon smolts in small and large hydroelectric power plants. *River Res Applic.* 34:1179–1185

Jensen, A. R. 1988: Spawning migration and characteristics of the sea trout (*Salmo Trutta* L.) population in Tved River, a tributary to the Ribe River, Wertern Jutland, Denmark – Speciale rapport, Århus Universitet.

Jensen A. J, Kann O., Nielsen J., Kaarup P., Olesen T. M., Østergaard M., Beck, B., Petersen, L. J., Ostenfeld T., Landsfelt P., Jensen P. S. 2004. Faunapassageudvalget Samle rapport. Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri, de jyske amter, Danmarks Fiskeriundersøgelser, Dansk Dambrugerforening og Danmarks Sportsfiskerforbund.

Jepsen, N. & Aarestrup, K. 1996. Arbejdsrapport om smoltvandring i Tange Sø 1996. Danmarks Fiskeriundersøgelser, Afdelingen for Ferskvandsfiskeri, Silkeborg.



Jonsson, N. & Jonsson, B. 2002. Migration of anadromous brown trout *Salmo trutta* in a Norwegian river. *Freshwater Biology* (2002) 47, 1391–1401.

Jørgensen, J. 1992. Udvandring af havørred- og laksesmolt fra Skjern Å systemet foråret 1991. Rapport fra Ringkjøbing Amtskommune, Teknik- og Miljøforvaltningen, 21 sider + bilag.

Koed, A., Rasmussen, G. & Rasmussen E.B. 1997: Havørred-bestandene i Odense Å og Stavids Å systemerne i relation til Fyns-værket. DFU-rapport nr. 29-97. Danmarks Fiskeriundersøgelser, Afd. for Ferskvandsfiskeri.

Kristiansen, H. (1991). Havørred i Kolding Å vandsystem 1989-1991. DFH-rapport nr. 427. Specialrapport, Odense Universitet.

Leonko, A.A. & Chernitskiy, A.G. 1986. Comparative analysis of smolt migration of Atlantic salmon, *Salmo salar*, and sea trout, *Salmo trutta*. *J. Ichthyol.* 26 (6), 113-120.

Lucas, M. C. & Baras, E. (2001). *Migration of Freshwater Fishes*. Oxford: Blackwell Science.

McCormick, S.D., Cunjak, R.A., Dempson, B., O'Dea, M.F. & Carey, J.B. 1999. Temperature-related loss of smolt characteristics in Atlantic salmon (*Salmo salar*) in the wild. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 56: 1649–1657.

Nielsen, J. 1996. Udviklingen i de danske vandløbs ørredbestande i perioden fra 1982-87 til 1988-94. Ørreden *Salmo trutta* som indikator for et godt vandløbsmiljø. Rapport til Miljøstyrelsen, Ferskvands- og Landbrugskontoret, 52 sider.

Nielsen¹, J. 1997. Smoltvandring hos laks (*Salmo salar*) og havørred (*Salmo trutta*) i vandløb og søer – som arbejdsgrundlag for Skjern Å Naturprojekt.

Nielsen J., Arestrup, K. Koed. A. 2010. Faunapassageløsninger en opfølgning på Faunapassageudvalgets arbejde DTU Aqua, afdeling for Ferskvandsfiskeri og -økologi, DTU Aqua.

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

Pedersen, M. I. Jepsen, N. Aarestrup, K. Koed, A. Økland, F. 2011. Loss of European silver eel passing a hydropower station. *J. Appl. Ichthyol.*, 1-5 p.



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

Plesner, T. 1994. Udtræk af ørredsmolt (*Salmo trutta* L.) og nedstrøms passage af fisk ved Vestbirk Vandkraftanlæg på Gudenåen. Specialerapport, Biologisk Institut, Århus Universitet, 60 sider.

Rasmussen, G. 1986. The population dynamics of brown trout (*Salmo trutta* L.) in relation to year-class size. Pol. Arch. Hydrobiol. 33 (3/4), 489-508.

Rasmussen, P.C. 1992. Fiskeri og laksefisk – Rander Fjord 1990-91. IFF-rapport nr. 6, Institut for Ferskvandsfiskeri og Fiskepleje, Silkeborg, 74 sider + bilag

Saunders, R. L., Harmon, P. R. & Knox, D. E. (1994). Smolt development and subsequent sexual maturity in previously mature male Atlantic salmon *Salmo salar*. Aquaculture 121, 79–93.

Skriver, J & Friberg, N. 2006. Faglig rapport fra DMU nr. 593. Smådyrsfaunaens passage ved dambrugsspærringer.

Svendsen, J.C., Koed, A. & Aarestrup, K. 2004. Factors influencing the spawning migration of female anadromous brown trout. Journal of Fish Biology (2004) 64, 528–540.

Tesch, F. W. 2003. The eel, Blackwell Science, Oxford. UK