

Fysiska avledare för uppsamling av blankål vid vattenkraftverk

- *Tekniska utmaningar och kostnadseffektiviseringar*

Axel Emanuelsson, Peter Wilén, Mats Lund, Johan Östberg, Urban Öhrfeldt, Ylva Hemfrid-Schwartz, Petter Norén, Peter Christensen och Olle Calles

Norconsult 



 R2 Resource Consultants, Inc.

KRAFT
TAG **ÅL**

Havs och Vatten myndigheten
VATTENFALL 
 fortum
HOLMEN  ENERGY

 Tekniska verken
uni per
 Statkraft
 ENERGI

Dagens presentation Krafttag ål (KTÅ)

- Bakgrund
 - Vandrande fiskarter och åtgärder för förbättrad nedströmspassage
 - Tidigare besläktade KTÅ-projekt
- Fysiska avledare för uppsamling av blankål vid vattenkraftverk
 1. Erfarenheter av fysiska avledare
 2. Fysiska avledare vid kraftverk med hög prioritet för ål
 3. Minimering av produktionsbortfall

Norconsult 



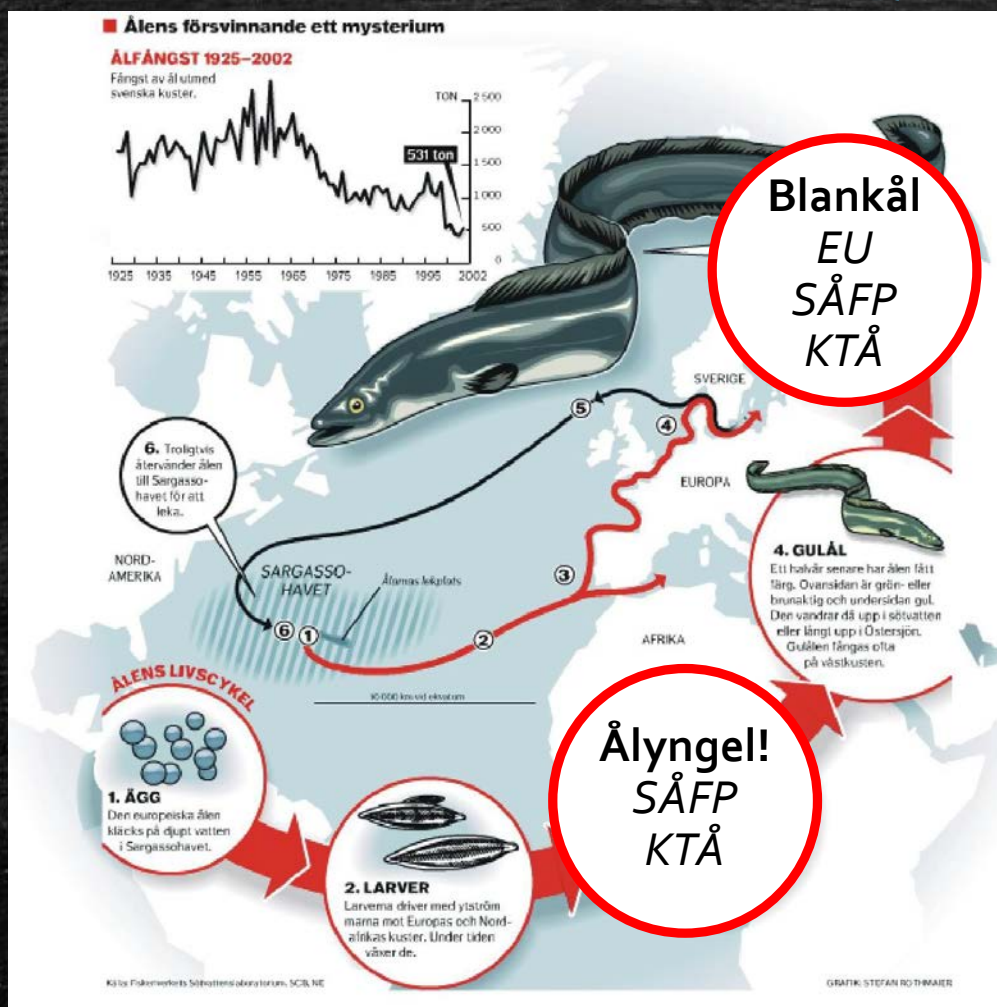
 R2 Resource
Consultants, Inc.

KRAFT
TAG ÅL

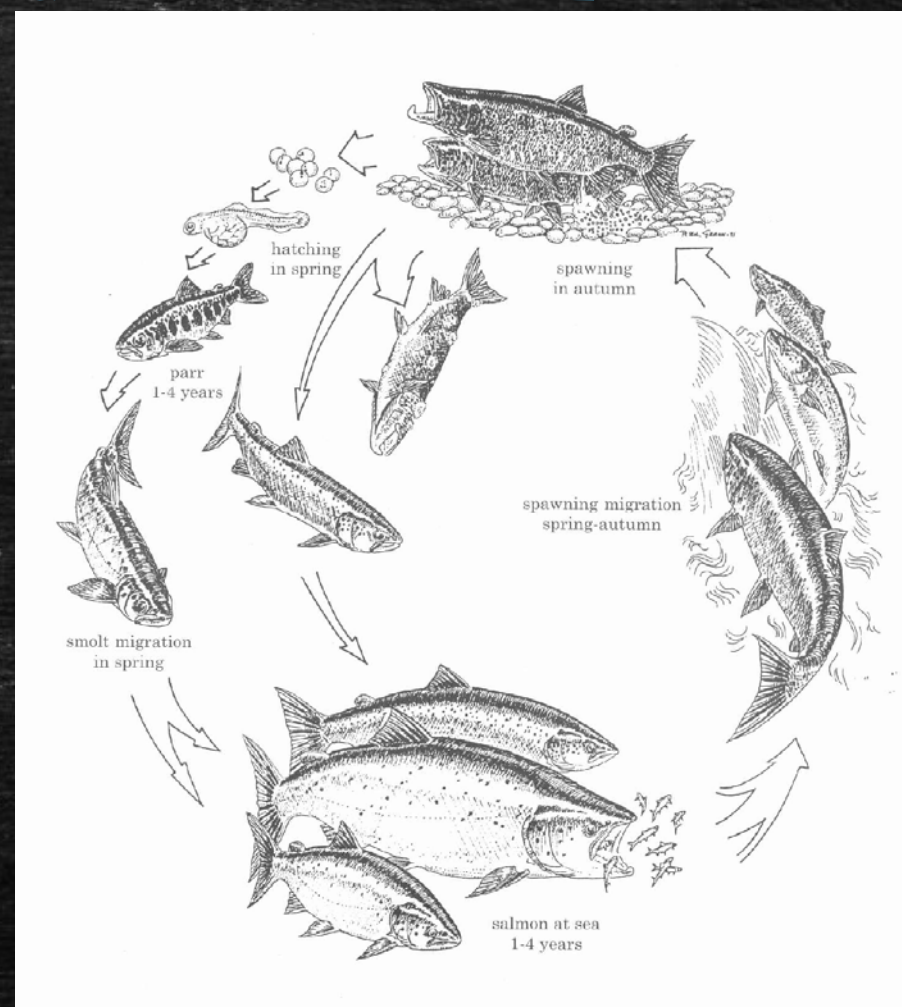
Havs
och Vatten
myndigheten
VATTENFALL 
 fortum
HOLMEN  ENERGY

 Tekniska
verken
uni
per
 Statkraft
 ENERGI

Vandrande fiskarter

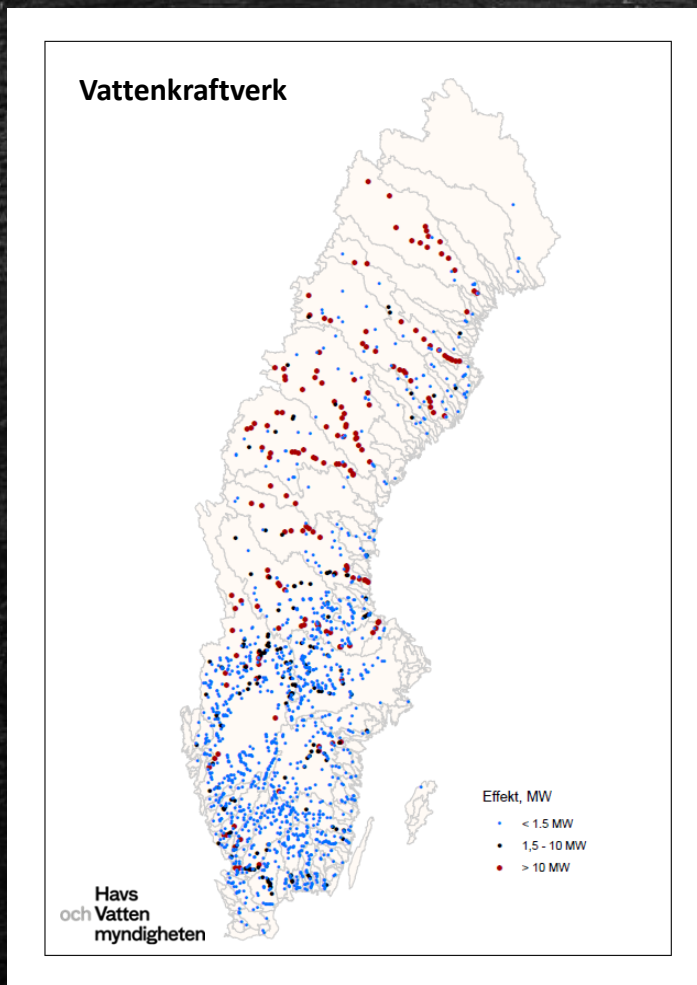


Europeisk ål (*Anguilla anguilla*)



Atlantlax (*Salmo salar*)

Åtgärdsbehov



- Många kraftverk saknar miljöförbättrande åtgärder:
 - 90 % saknar fiskvägar (upp)⁽¹⁾
 - – 99 % saknar avledare (ned)
 - 28 % har torrfåror ⁽²⁾

⁽¹⁾ HaV rapport 2015:26

⁽²⁾ Vattenfall (2012)

The Swedish River Rehabilitation toolbox

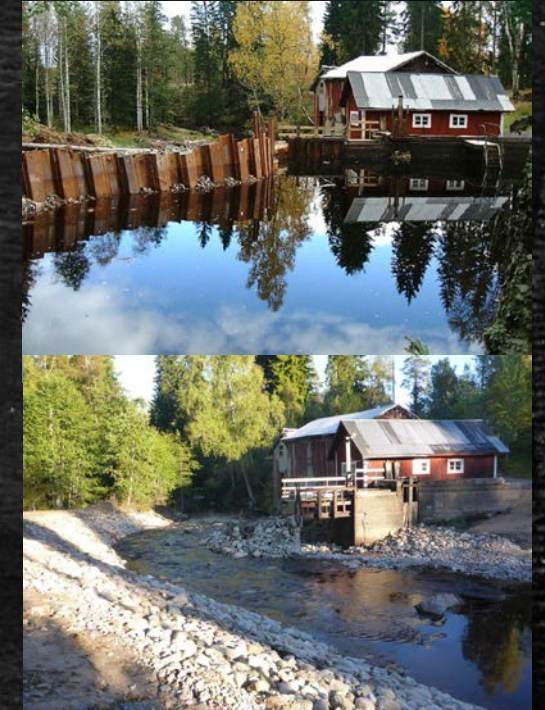
Uppströmspassage



Habitat & flöden



Utrivning



Nedströmspassage



Första åtgärden
i Ätrafors 2008

Litteratursammanställningar

18 A Historical Perspective on Downstream Passage at Hydroelectric Plants in Swedish Rivers

Olle Calles¹, Peter Rivinoja² and Larry Greenberg¹

¹Department of Biology, Karlstad University, S-651 88 Karlstad, Sweden
²Department of Wildlife, Fish and Environmental Studies, SLU (Swedish University of Agricultural Sciences), Umeå 901 83, Sweden

18.1 Introduction

Hydropower stations, with their dams and turbines, constitute barriers and sources of mortality for both upstream and downstream migrating fish. Historically, less attention has been directed towards implementing measures to assist downstream fish passage as compared to upstream fish passage (Wolf, 1946; Odeh, 1999), although the situation for downstream migrants is often more difficult than for upstream migrants and may require complex solutions. For downstream migrants, the actual route selected, which is associated with a certain risk of mortality, is thought to be influenced strongly by local flow conditions (DWA, 2005). Typically, downstream-migrating fish pass dams by swimming through turbines, spillways or some type of bypass system (Clay, 1995; Larinier, 2008). Turbine mortality depends on the type and operation of the turbine as well as on the size of the fish (Montén, 1985). Fish may also die or incur damage as they are pressed against bar racks that are placed at turbine intakes (Calles *et al.*, 2010b). Spillways are also associated with mortality risks, either directly due to fish free-falling against concrete floors before re-entering the water (Calles and Greenberg, 2009) or indirectly due to pressure changes (Coutant and Whitney, 2000).

There are various methods for diverting fish from turbine intakes (Clay, 1995; Odeh, 1999). One such method involves the use of a 'behavioural barrier', whereby one elicits a behavioural response by the fish, using, for example, sound, light or water turbulence, so that they select a route associated with a low risk of injury or death (Welton *et al.*, 2002). Such methods have had variable success as they depend on local conditions that permit active choice as well as on the stimulus having a strong and consistent effect. A second method of diverting fish is to construct physical barriers, using, for example, meshed grating or nets to force the fish to swim along a particular route (Odeh, 1999). Yet another way of preventing fish from entering turbines is to capture them in traps and transport them past the power plant (Muir *et al.*, 2006).

In general, downstream passage problems have been studied mainly in Europe and North America, but not so much in the rest of the world, and have focused on anadromous species, particularly salmonids (Wolf, 1946; Larinier and Marmulla, 2004; Roscoe and Hinch, 2010). Relatively few studies have been conducted on other migratory species. Moreover, in many cases, bypass facilities for downstream migrants have been implemented without evaluating their effectiveness (Montén, 1988) or, if effectiveness has been evaluated, it has often been shown to be low (Larinier, 1998; Kemp *et al.*, 2008; Roscoe

Ecohydraulics book (2013)

Havs
och Vatten
myndigheten

Anordningar för upp- och nedströmspassage av fisk vid vattenanläggningar

Underlag till vägledning om lämpliga försiktighetsmått och bästa möjliga teknik för vattenkraft



HaV (2013)



Förbättrad nedströmspassage för vild laxfisk i Klarälven

Larry Greenberg, Daniel Nyqvist, Eva Bergman, Olle Calles

Naturresurs rinnande vatten, Biologi, Karlstads universitet, Karlstad, Sverige



Fortum (2017)

Ålens möjlighet till passage av kraftverk

- En kunskapssammanställning för vattendrag prioriterade i den svenska ålförvaltningsplanen samt exempel från litteraturen

Elforsk rapport 12:37



Olle Calles och Jonas Christiansson

maj 2012

Havs
och Vatten
myndigheten

ELFORSK

Ålens möjlighet till passage av kraftverk

ELFORSK 12:37

- ✓ Åtgärder för nedströmspassage:
 - ✓ Litteratursammanställning
 - ✓ Goda resultat för kraftverk $\leq 88 \text{ m}^3/\text{s}$
 - ✓ Saknas helt för ål vid kraftverk $> 88 \text{ m}^3/\text{s}$

Test av ny teknik för nedströmsspassage!

- Traditionellt galler → Låglutande galler (40 m³/s)



Hertingprojektet 2007-2015

Fiskevårdsteknik AB

FALKENBERG  ENERGI.SE



FALKENBERG
Hitta det här



Swedish Agency
for Marine and
Water Management

Test av ny teknik för nedströmsspassage!

- Traditionellt galler → Låglutande galler (40 m³/s)



Traditionellt galler

1. Vertikala järnelement - 90 mm
2. $\alpha = 60^\circ$
3. Isutskov (2.0 cms)



Nytt låglutande β -galler

1. Horisontella kompositelement - 15 mm
2. $\beta = 30^\circ$
3. Flyktöppning yta & botten (0.3-3.0 cms)



Ökad överlevnad:

✓ Blankål: 70 *–

✓ Laxkelt: 33-80 →

✓ Laxsmolt: 90* →

* Okänd fördröjd dödlighet

Ålens möjlighet till passage av kraftverk

- En kunskapssammanställning för vattendrag prioriterade i den svenska ålförvaltningsplanen samt exempel från litteraturen

Elforsk rapport 12:37



Olle Calles och Jonas Christiansson

maj 2012

Havs
och Vatten
myndigheten

ELFORSK

Ålens möjlighet till passage av kraftverk

ELFORSK 12:37

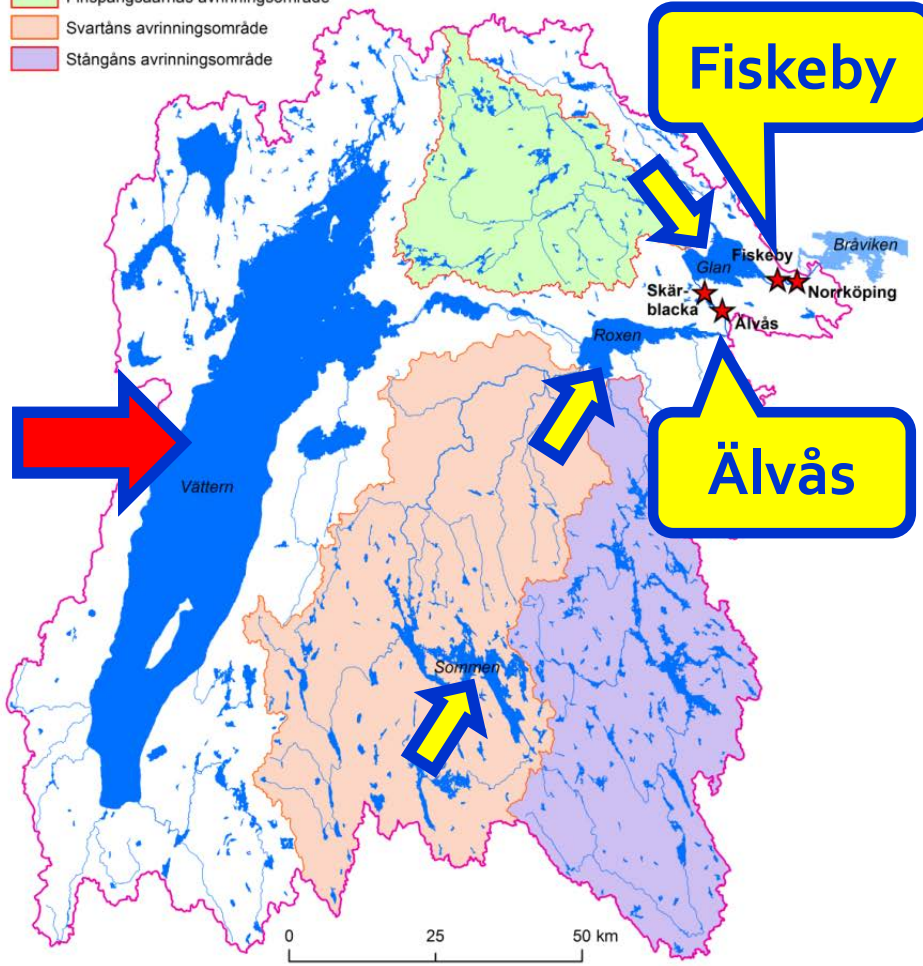
- ✓ Åtgärder för nedströmspassage:
 - ✓ Litteratursammanställning
 - ✓ Goda resultat för kraftverk $\leq 88 \text{ m}^3/\text{s}$
 - ✓ Saknas helt för ål vid kraftverk $> 88 \text{ m}^3/\text{s}$
- ✓ Utred möjlighet att skala upp teknik
- ✓ Prioritet på Göta älv & Motala ström, de högst rankade reglerade ålälvarna

Motala ströms avrinningsområde

★ Vattenkraftverk

Delavrinningsområde

- Finspångsårnas avrinningsområde
- Svartåns avrinningsområde
- Stångåns avrinningsområde

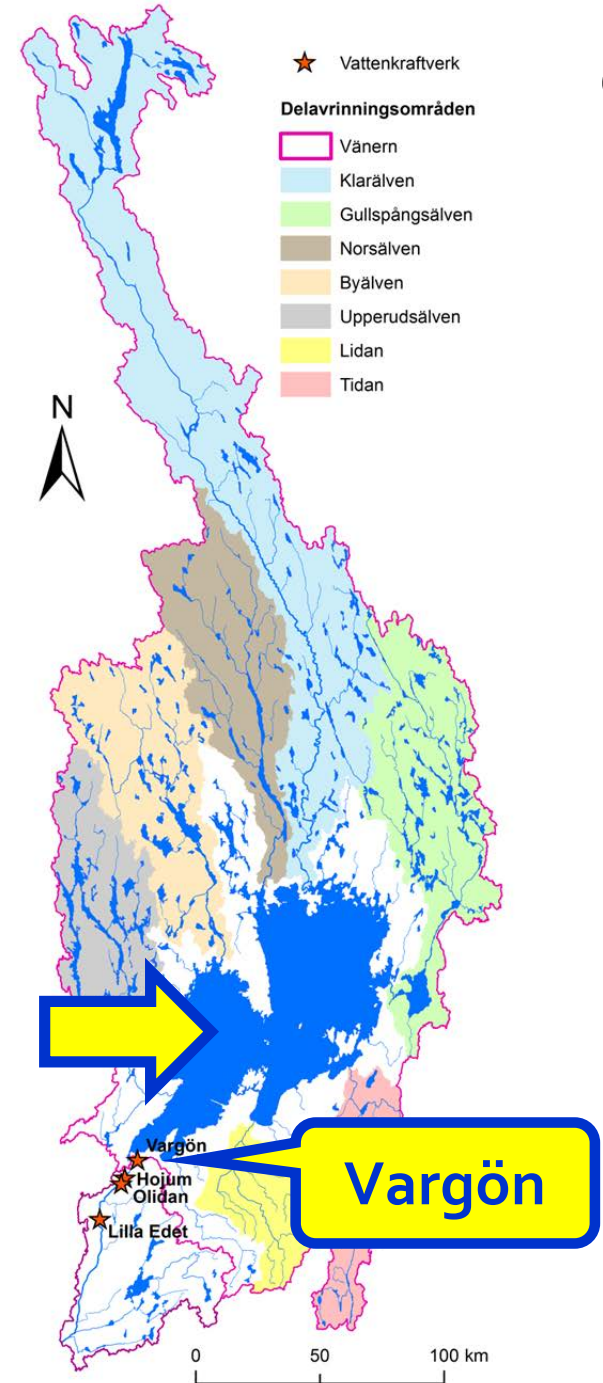


Göta älv

★ Vattenkraftverk

Delavrinningsområden

- Vänern
- Klarälven
- Gullspångsälven
- Norsälven
- Byälven
- Upperusälven
- Lidan
- Tidan



Tekniska lösningars tillämpbarhet för
förbättrad nedströmspassage för ål

- Applicerat på Göta älv och Motala ström

Elforsk rapport 14:35



Olle Calles, Jonas Christiansson, Jan-Olov Andersson, Simon
Karlsson, Håkan Wickström och Johan Östergren oktober 2014

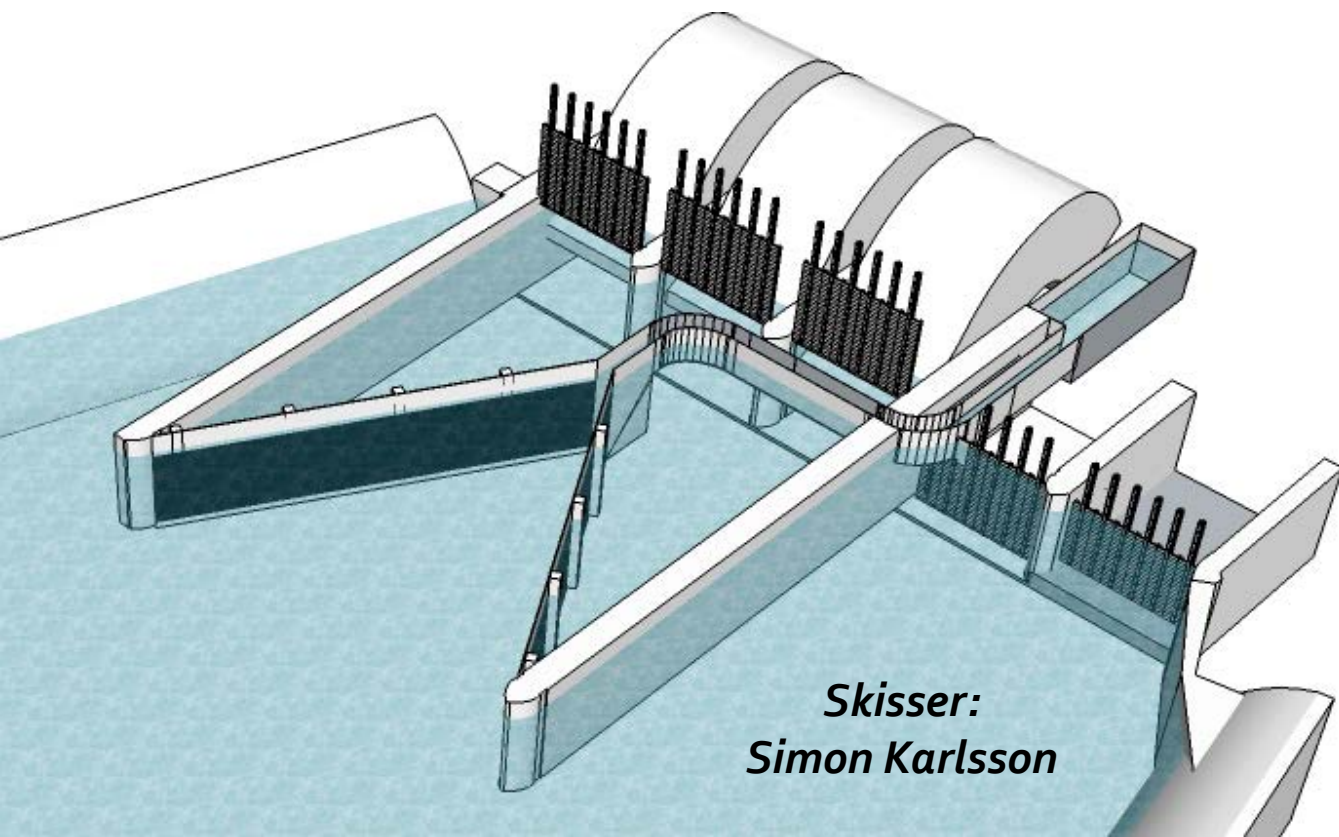
ELFORSK

Tekniska lösningars tillämpbarhet

ELFORSK 14:35

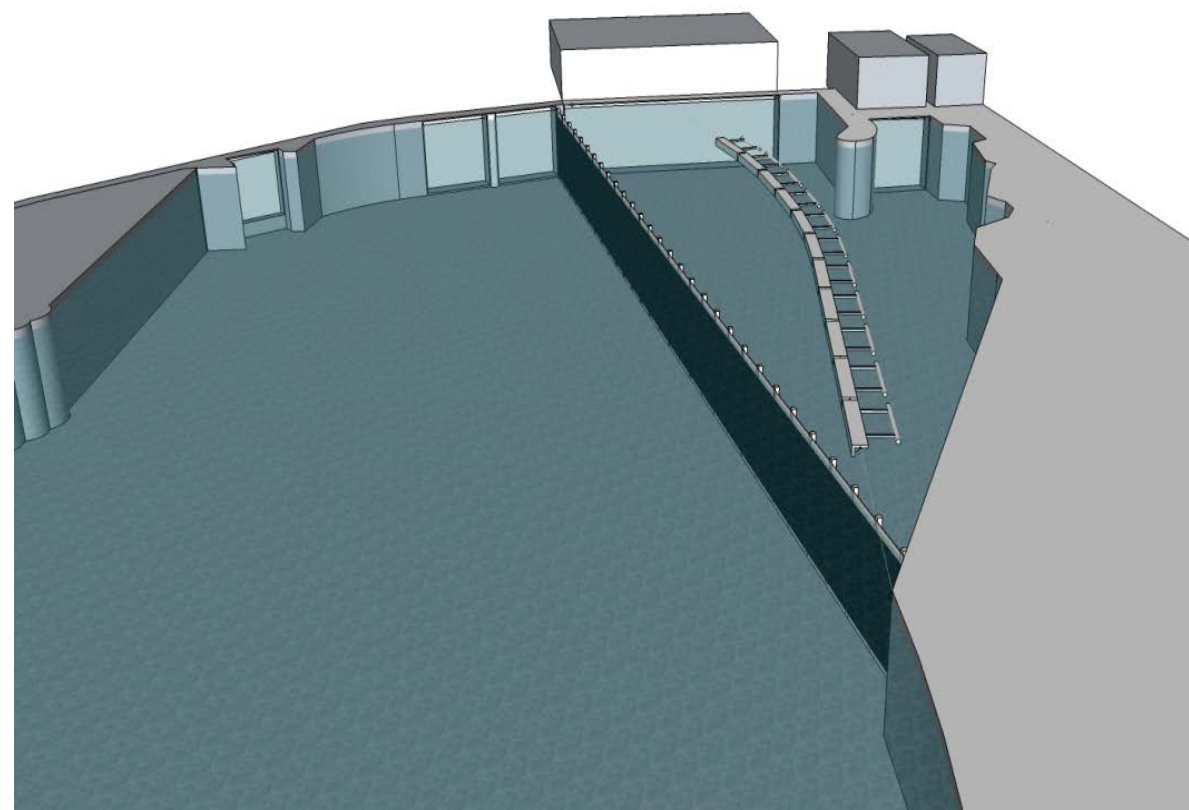
Låglutande galler vid kraftverk >72 m³/s

Älvås = 90 m³/s



Skisser:
Simon Karlsson

Vargön = 910 m³/s



Tekniska lösningars tillämpbarhet för
förbättrad nedströmspassage för ål

- Applicerat på Göta älv och Motala ström

Elforsk rapport 14:35



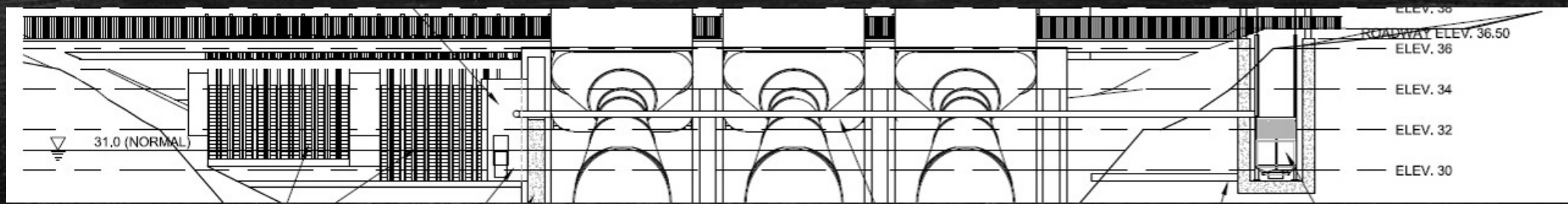
Olle Calles, Jonas Christiansson, Jan-Olov Andersson, Simon
Karlsson, Håkan Wickström och Johan Östergren oktober 2014

ELFORSK

Tekniska lösningars tillämpbarhet

ELFORSK 14:35

- ✓ Låglutande galler vid stora kraftverk:
 - ✓ Motala ström – lovande ($g_{90} \approx 88 \text{ m}^3/\text{s}$)
 - ✓ Göta älv – osäkert ($g_{10} \gg 88 \text{ m}^3/\text{s}$)
- ✓ Utred åtgärder vidare med fokus på tekniska aspekter & dammsäkerhet
- ✓ Behov av teknisk expertis



Fysiska avledare för uppsamling av blankål vid vattenkraftverk

- *Tekniska utmaningar och kostnadseffektiviseringar*

Axel Emanuelsson, Peter Wilén, Mats Lund, Johan Östberg, Urban Öhrfeldt,
Ylva Hemfrid-Schwartz, Petter Norén, Peter Christensen och Olle Calles

Norconsult 



 R2 Resource
Consultants, Inc.

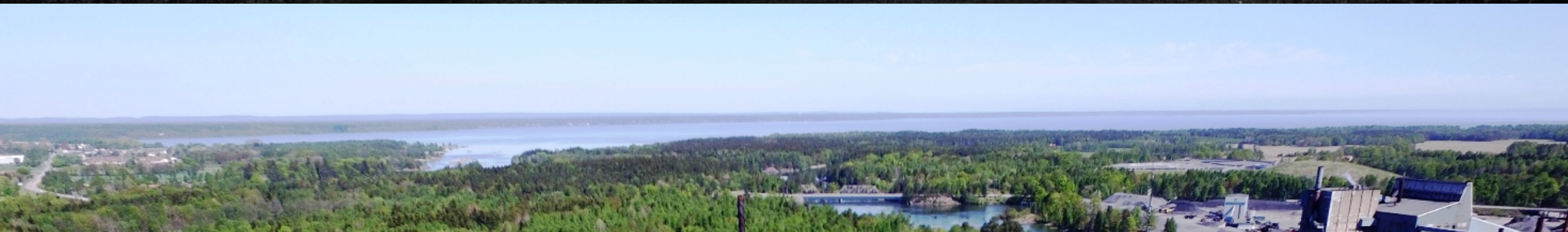
KRAFT
TAG **ÅL**

Havs
och Vatten
myndigheten
VATTENFALL 
 fortum
HOLMEN  HOLMEN

 Tekniska
verken
 uni
per
 Statkraft
 ENERGI

Projekt mål ”Fysiska avledare”

- 1) Erfarenheter av fysiska avledare – En enkätundersökning
 - 2) Fysiska avledare vid kraftverk med hög prioritet för ål
 - 1) Älvås, Motala ström (90 m³/s)
 - 2) Vargön, Göta älv (930 m³/s)
 - 3) Hur kan produktionsbortfall minimeras?
- Utformning, tekniska utmaningar, risker och kostnadsuppskattningar



Enkätundersökning av driftserfarenheter

1. Tekniska specifikationer

1. Lokala förutsättningar – 6 frågor
2. Grindens utformning – 8 frågor
3. Flyktöppningarnas utformning – 11 frågor

2. Erfarenheter

1. Fiskavledning – 6 frågor
2. Tillstånd och byggnation – 3 frågor
3. Teknik – 10 frågor
4. Daglig skötsel och tillsyn – 4 frågor



Tabell 1. Kraftverk som ingått i intervjuundersökningen angående erfarenheter av tekniska och driftsmässiga aspekter av fysiska avledare för förbättrad nedströmspassage för fisk.

#	Kraftverk	Vattendrag	Driftsår	Ägare	Kontaktperson
1	Ätrafors	Ätran	2008	Sydkraft hydropower AB	Johan Tielman
2	Övre Finsjö	Emån	2009	Sydkraft hydropower AB	Johan Tielman
3	Granö	Mörrumsån	2013	Sydkraft hydropower AB	Johan Tielman
4	Ålgårda	Rolfsån	2014	Forsnacken AB	Andreas Bäckstrand, Vattenmyndigheten
5	Hedefors	Säveån	2015	Lerum fjärrvärme AB	Daniel Johansson, Vattenmyndigheten
6	Herting	Ätran	2013	Falkenbergs Energi	Karl-Göran Olofsson
7	Knislinge*	Helge å	2013	Sydkraft hydropower AB	Johan Tielman

** Knislinge är förberett för nedströmspassage, men saknar i dag flyktöppningar. Intervjusvaren begränsades därför till driftaspekter av den låglutande grinden.*

Tabell 2. Information om de fysiska avledare som ingått i intervjuundersökningen angående erfarenheter av tekniska och driftsmässiga aspekter av fysiska avledare för förbättrad nedströmspassage för fisk.

Egenskap	Kraftverk						
	Ätrafors	Övre Finsjö	Granö	Ålgårda	Hedefors	Herting	Knislinge
Slukförmåga (m ³ /s)	72	14	60	15	32	43	25 (50)
Grindtyp	α	α	α	α	β	β	α
Grindmaterial	Stål	Stål	Komposit	Stål	Stål	Komposit	Komposit
Spaltvidd	18	18	18	15	15	15	35
Grindyta (m ²)	5,4 x 8,4 x 3 = 136,1	5,5 x 4,1 = 22,6	140,9	5,4 x 8,4 = 45,4	24,0 x 5,5 = 132	38,0 x 2,3 = 87,4	3,9 x 7,7 x 2 = 59,3
Normalhastighet (m/s)	0,53	0,62	0,43	0,33	0,28	0,49	0,42
Grindrensning	1 st rak arm, platt skrapa	Pater noster med borste	Fällbara galler	1 st rak arm, platt skrapa	1 st rak arm, platt skrapa	1 st rak arm, skrapa med borst	Spolning med högtryck
Flyktöppningar							
Antal	4/6	1/2	6	2	1	2	0
Dimensioner (m; h x b)	0,57 x 0,25	0,30 x 0,50	Ø = 0,195	0,50 x 0,30	0,50 x 0,50	0,65 x 0,30 0,20 x 0,20	-
Flöde (m ³ /s; %)	1,5 (2 %)	0,15 (1,1%)	0,13 (0,2 %)	0,30 (2,0 %)	0,30 (0,8 %)	0,60 (1,4 %)	-
Biologisk uppföljning	blankål	öringsmolt öringkelt	blankål	blankål (2017)	laxsmolt (2017)	laxsmolt laxkelt blankål	Nej

Tabell 2 . Summerad

Egenskap	Typgrind	Detaljer		
Slukförmåga	38 m ³ /s	14-72 m ³ /s		
Grindtyp	Alfa	Alfa: 5 st	Beta: 2 st	
Grindmaterial	Stål	Stål: 4 st	Komposit: 3 st	
Spaltvidd	15/18	15 mm: 3 st	18 mm: 3 st	35 mm: 1 st*
Grindyta	94 m ²	22,6 - 140,9 m ²		
Normalhastighet	0,41 m/s	0,28 - 0,62 m/s	0,43	0,33
Grindrensning	Rak arm med skrapa	Pater noster med borste	Fällbara galler	Högtryck
Flyktöppningar				
Antal	2 per galler	1 - 6		
Dimensioner (h x b)	420 x 320 mm	Minsta: Ø = 195 mm	Största: 500 x 500 mm	
Flöde	0,5 m ³ /s (1,2 %)	Min: 0,13 m ³ /s (0,2%)	Max: 1,5 m ³ /s (2,0%)	Spillmax: 0,6 m ³ /s
Biologisk uppföljning	Blankål	Blankål: 4 st	Laxsmolt: 2 st	Öringsmolt: 1 st
			Laxkelt: 1 st	Öringkelt: 1 st

Resultat enkätundersökning (1/2)

- **Genomsnittlig byggtid: 5 månader** (1-12 månader)
- **Totalkostnad: 4,7 Mkr** (0,4 – 16 Mkr)
- **Omprovning** krävdes i tre av sju fall
- **Drift och underhåll** - generellt inte försämrade förutsättningar, men förekomst av vissa "barnsjukdomar" (t.ex. mix fisk och skräp)
- **Fall-/produktionsförluster:**
 - Över grind "obefintliga-ringa" vid rena grindar (minskat i flera fall)
 - Konventionella rensare bäst resultat (jmf. högtryck & fällbara grindar)
 - Spill huvudsaklig orsak, 2 av 7 återför vattnet till intaget
 - Kumulativ igensättning ett problem, men manuella insatser som tidigare

Resultat enkätundersökning (2/2)

- **Iskravning och igenfrysning:**
 - 5/7: Ej problem, samma situation som före nya grindar
 - 2/7: minskade problem (Herting och Granö – båda kompositgrindar)
- **Dammsäkerhet och arbetsförhållanden:** ej påverkats
- **Betydelse av anläggningens slukförmåga (storlek):**
 - Ingen koppling mellan driftsförhållanden och storlek (underlag 14-72 m³/s)
 - Kostnad ökar med storlek (tendens), men projektets totala omfattning och hur väl platsanpassning skett tycks ha större betydelse
 - Frågan kvarstår, kan tekniken skalas upp för kraftverk > 72 m³/s?



Agenda

- Älvås fallstudie
- Vargön fallstudie
- Minimering av produktionsbortfall
- Slutsatser



Fallstudie Älvås - förutsättningar

- Slukförmåga 90 m³/s
- Ca 4-5 m djupt framför intagen
- Dammsäkerhetsklass C (lägsta)
- Utskov i direkt anslutning till turbinintag
- Drivgods, tex nate och is leder till driftstopp



Älvås - dimensionering

- Hela vattenarean ska täckas av
- Spaltöppning 18 mm
- Maximalt 0.5 m/s uppströms grinden
90 m³/s → grindarea: **180 m²**
- Grindrensning nödvändig
- Avbördningsförmågan eller dammsäkerheten får inte försämrans

Fingrind med avledning



Fallstudie Vargön - förutsättningar

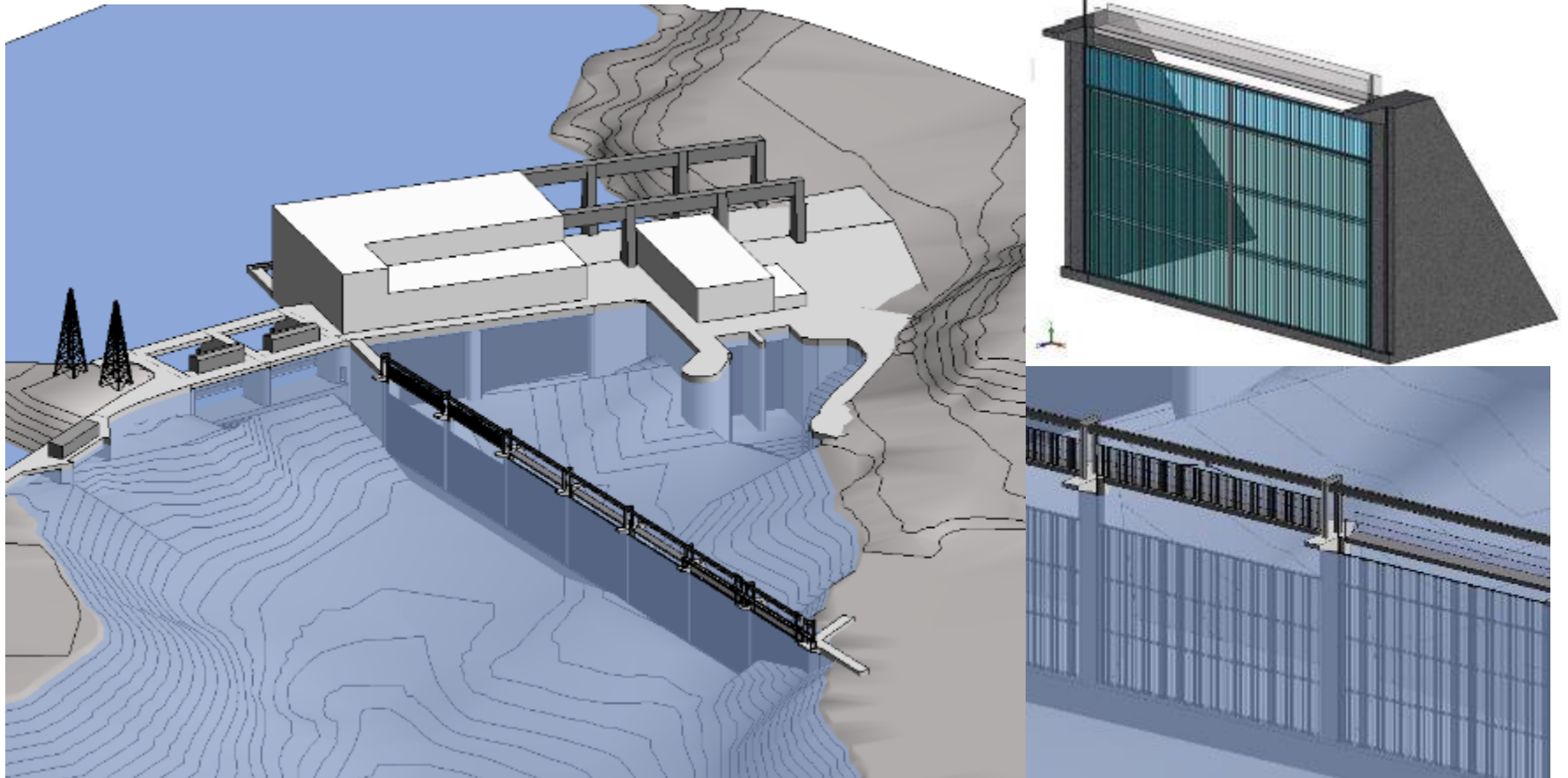
- Mycket vatten, slukförmåga 930 m³/s
 - Djupt framför intagen, 10-12 m
 - Mycket is och iskravning vintertid
 - Makrofyter, främst nate sätter igen galler
 - Reglerar Vänern
 - Dammsäkerhetsklass A (högsta)
-
- Stora utmaningar!



Vargön - dimensionering

- Hela vattenarean ska täckas av
- Spaltöppning 18 mm
- Maximalt 0.5 m/s uppströms grinden
700 m³/s → grindarea: **1400 m²**
- Grindrensning nödvändig
- Hela eller delar av grinden måste kunna tas bort vintertid
- Avbördningsförmågan eller dammsäkerheten får inte påverkas negativt

Fingrind med avledning



Uppsamling



Minimering av produktionsbortfall

- Varken lönsamt för Älvås eller Vargön pga för låga fallhöjder
- Börjar kunna bli lönsamt vid ca 7 m fallhöjd

Slutsatser

- Tekniken går att skala upp
 - Höga kostnader
 - Principer desamma, men längre sträckor och lägre relativa flöden
- Erfarenhet saknas av stora fingrindar ($>72-88 \text{ m}^3/\text{s}$) → osäkerheter
- Älvås – bedöms genomförbart med dagens kunskapsläge
- Vargön – mer kunskap bedöms krävas pga. stora konsekvenser vid driftstörning eller haveri
- Högre dammsäkerhetsklass → lägre tolerans för osäkerheter
- Uppskalning bör ske stegvis

Förslag på vidare utredningar:

- Labförsök på fingrindar
- Utredning av alternativa avledare, tex nät
- Fingrindar vid ett stort kraftverk

Tack för att ni lyssnade!

KRAFT
TAG **ÅL**

Havs
och Vatten
myndigheten

VATTENFALL 

 fortum

HOLMEN
ENERGI

 Tekniska
verken

uni
per

 Statkraft

 **ENERGI**
karlstadsenergi.se