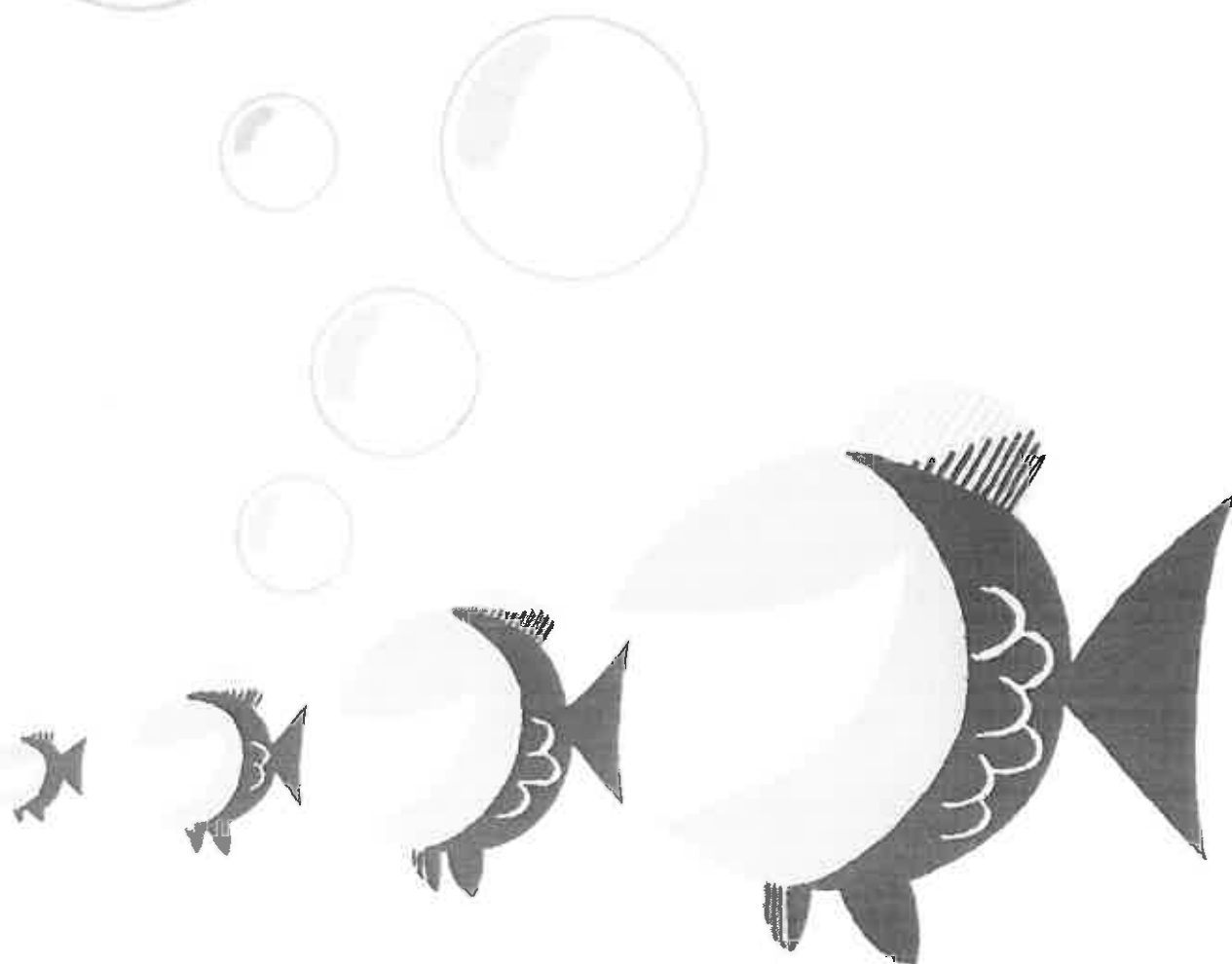


RIISTA-JA KALATALOUDEN TUTKIMUSLAITOS

KALATUTKIMUKSIA- FISKUNDERSÖKNINGAR



53
1992



RIISTA- JA KALATALOUDEN TUTKIMUSLAITOS

KALATUTKIMUKSIA - FISKUNDERSÖKNINGAR



Vastaava toimittaja: Lauri Urho

Toimittajat: Irma Kolari, Marja-Liisa Koljonen, Antti Lappalainen, Riitta Rahkonen, Atso Romakkaniemi, Matti Salminen, Lena Söderholm-Tana, Pirkko Söderkultalahti ja Aune Vihervuori

Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos
Kalantutkimusosasto
Kalanviljelyosasto
PL 202
00151 Helsinki

puh. 90 - 624 211
telex 19101236 vdx sf
telefax 90 - 631 513
telebox tbx668

Kalatutkimuksia – Fiskundersökningar sarjassa julkaistaan kalatalouteen liittyviä tutkimuksia, suunnitelmia, raportteja, selvityksiä, lausuntoja, esitelmiä sekä tutkimusten aineistoja tai muita vastaavia kirjoituksia. Julkaisukieliä ovat pääsääntöisesti suomi ja ruotsi. Kirjoitusohjeita on saatavilla Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksen tietopalvelussa (PL 202, 00151 Helsinki).

Julkaisun jakelusta päätetään kunkin numeron osalta erikseen. Julkaisua koskevat tiedustelut osoitetaan tietopalveluun.

Kalatutkimuksia – Fiskundersökningar on jatkoa sarjoille: "Maataloushallituksen kalataloudellinen tutkimustoimisto. Monistettuja julkaisuja" (no:t 1–42) ja "Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos, kalantutkimusosasto. Monistettuja julkaisuja" (no:t 1–98), "Tiedonantoja" (no:t 1–24) ja "Meddelanden" (no:t 1–21).

Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksen kalantutkimusosaston ja kalanviljelyosaston muut julkaisusarjat ovat "Finnish Fisheries Research" ja "Suomen Kalatalous".

Ansvarig redaktör: Lauri Urho

Redaktörer: Irma Kolari, Marja-Liisa Koljonen, Antti Lappalainen, Riitta Rahkonen, Atso Romakkaniemi, Matti Salminen, Lena Söderholm-Tana, Pirkko Söderkultalahti och Aune Vihervuori

Vilt- och fiskeriforskningsinstitutet
Fiskeriforskningsavdelningen
Fiskodlingsavdelningen
PB 202
00151 Helsingfors

tel. 90 - 624 211
telex 19101236 vdx sf
telefax 90 - 631 513
telebox tbx668

I serien Kalatutkimuksia – Fiskundersökningar publiceras undersökningar, planer, rapporter, utredningar, utlåtanden, föredrag samt forskningsmaterial eller motsvarande artiklar som behandlar fiskerihushållningen. Publikationsspråken är i huvudsak finska och svenska. Skrivinstruktioner kan erhållas från Vilt- och fiskeriforskningsinstitutets informationstjänst (PB 202; 00151 Helsingfors).

Publikationens distribuerings fastställes skilt för varje nummer. Förfrågningar angående tidskriften bör riktas till informationstjänsten.

Kalatutkimuksia – Fiskundersökningar är en fortsättning på "Maataloushallituksen kalataloudellinen tutkimustoimisto. Monistettuja julkaisuja" (nr 1–42) ja "Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos, kalantutkimusosasto. Monistettuja julkaisuja" (nr 1–98), "Tiedonantoja" (nr 1–24) och "Meddelanden" (nr 1–21).

Övriga publikationsserier från Vilt- och fiskeriforskningsinstitutets fiskeriforskningsavdelning och fiskodlingsavdelning är "Finnish Fisheries Research" och "Suomen Kalatalous".

RIISTA- JA KALATALOUDEN TUTKIMUSLAITOS
KALATUTKIMUKSIA – FISKUNDERSÖKNINGAR

No 53

1992

**Behandling av spillvattnen på Östra Finlands
Centralfiskodlingsanstalt**

Jockum Runeberg

**Vilt- och fiskeriforskningsinstitutet
Östra Finlands Centralfiskodlingsanstalt
Enonkoski**

Helsinki 1992

ISSN 0787-8478
Helsinki 1992
Yliopistopaino

BEHANDLING AV SPILLVATTEN PÅ ÖSTRA FINLANDS
CENTRALFISKODLINGSANSTALT

Innehållsförteckning

1.	INLEDNING	1
1.1	Allmän utveckling inom tillstånden för fisk odling samt behandling av spillvatten	1
1.2	Undersökningens mål	3
2.	TEORI: RENING AV SPILLVATTEN FRÅN FISKODLING I BASSÄNGER	4
2.1	Spillvattnens sammansättning	4
2.11	Foderkoefficient	4
2.12	Slambildning	6
2.13	Belastning av vattendragen	8
	2.131 Fosforbelastningen	8
	2.132 Kvävebelastningen	11
	2.133 Belastningen av fast substans samt BOD	12
2.2	Fodrets och fiskarnas fosfor- och kväve- halter	13
2.3	Fiskodlingsbassängernas massbalans	15
2.4	Uppsamling av slam från fiskodlingsbassänger ..	15
2.41	Allmänt	15
2.42	Självreanande bassänger	16
	2.421 Triangelfilter	17
	2.422 Trumfilter	19
	2.423 Virvelseparator	20
	2.424 Flotation	23
2.43	Raceway jordbassänger	24

2.5	Torkning av slam från fiskodlingsbassänger	25
2.51	Allmänt	25
2.52	Förbehandling av slamvatten	25
2.521	Sedimentering	25
2.522	Kemisk behandling	26
2.523	Slamförtjockning	27
2.53	Slamtorkbädd av torv	27
2.54	Slamtorkbädd av sand	29
2.6	Biologisk rening	29
3.	ÖSTRA FINLANDS CENTRALFISKODLINGSANSTALT	31
3.1	Allmänt	31
3.2	Vattenförsörjning	33
3.3	Produktion	36
3.4	Vattenreningsanläggningarna	36
3.41	Virvelseparatorerna	36
3.411	Virvelseparator 1, Fiskyngel- hallens spillvatten	36
3.412	Virvelseparator 4, Avelsfisk- hallens spillvatten	38
3.413	Virvelseparator 2 + 3, Övre utom- husbassängernas spillvatten	39
3.414	Virvelseparator 5, Nedre utom- husbassängernas spillvatten	39
3.42	Undertryck, sugsystem för tvättning av bassängerna	40
3.43	Kalkning av tvättvatten samt slam från bassängerna	40
3.44	Sedimenteringsbassängerna	41
3.45	Torkning av slammet	41
3.5	Beskrivning av recipienten	42
3.51	Hydrologi	42
3.52	Limnologi	42

4.	RENINGSANLÄGGNINGARNAS FUNKTION I PRAKTIKEN SAMT FISKODLINGENS MASSBALANS	43
4.1	Allmänt	43
4.11	Analys- samt provtagningsmetoder	43
4.12	Fiskodlingens foderkoefficient	46
4.13	Fodrets och fiskarnas fosfor- och kvävehalter	47
4.2	Reningsläggningarnas massbalanser samt reningseffekter	48
4.21	Fiskyngelhallens virvelseparator	49
4.22	Avelsfiskhallens virvelseparator	51
4.23	Övre utomhusområdets virvelseparator ...	53
4.24	Nedre utomhusområdets virvelseparator ..	54
4.25	Sammandrag av virvelseparatorerna	56
4.26	Tvättning av bassängerna med hjälp av undertryck sugsystem	56
4.27	Kalkning av slamvattnet	57
4.28	Slamtorkbädden av torv	57
4.29	Sedimenteringsbassängerna	58
4.3	Hela fiskodlingens massbalans	59
4.4	Belastningen beräknad med hjälp av analyserna på inkommande ock utgående vatten	59
4.5	Förbättringsförslag	62
4.6	Inverkan på recipienten	62
5.	DISKUSSION	63
6.	SAMMANDRAG	69
7.	TIIVISTELMÄ	70
8.	SUMMARY	71
9.	LITTERATUR	72
10.	BILAGOR	76

1. INLEDNING

1.1 Allmän utveckling inom tillstånden för fiskodling samt behandlingen av spillvatten

Fiskodling i Finland är en ny näringsform, som fått mycket kritik för att den belastar vattendragen. I vattenlagen har ingen gräns utfärdats för när det behövs tillstånd av vattendomstolen för fiskodling, utan miljö- och vattendistriktet avgör från fall till fall om tillstånd behövs. Det har dock föreslagits, att fiskodlingar som använder mera än 2000 kg torrfoder eller vars tillväxt är större än 1000 kg per år, skulle beläggas med förhandsanmälningsplikt till miljö- och vattendistriktet. Loven är vanligen givna för 5 år framåt varefter de granskas och förnyas.

Produktionen av regnbåge som matfisk, har från år 1983 till 1988 stigit från 7.5 milj. kg till 15 milj. kg per år. Produktionen av sättfisk är uppskattningsvis 0.5 - 0.4 milj. kg per år.

Följande lagar samt förordningar i vattenlagen begränsar idkande av fiskodling. Allmänna stadganden (första kapitlet), allmänna stadganden om byggande i vattendrag (andra kapitlet), avledande av vatten för användning såsom vätska och tagande av grundvatten (nionde kapitlet) samt avloppsvatten och andra ämnen som förorenar vattendrag (tionde kapitlet).

De senaste åren har villkoren i tillstånden tydligt skärpts, vilket har lett till att vattendomstolarnas tillstånd i många fall blivit den reglerande faktorn för produktionen. Detta har lett till att man börjat söka efter effektiva reningsmetoder, för minskandet av närsaltbelastningen.

Det har diskuterats mycket om i vilken form tillstånden borde ges. Fiskodlarna vill att loven ges som en övre gräns för hur mycket näringsämnen (fosfor, kväve), syreförbrukande substans samt fast substans som fiskodlingen får släppa ut i vattendraget. Idén är att detta skulle leda till att odlarna strävade till att minimera utsläppen, för att kunna odla så mycket fisk som möjligt, utan att

bryta de övre gränserna för utsläppen. Om tillstånden ges i form av en övre gräns för hur mycket foder som får användas eller hur mycket fisk som får odlas (vilket ofta är fallet nu), har odlarna inget intresse av att minimera utsläppen. Tvärtom kan det leda till att odlarna använder mera foder än vad de behöver, för att inte bli alltför mycket under den fodermängd som tillståndet ger lov till. Odlarna är nämligen rädda för att om de inte använder hela den tillåtna foderkvoten, så minskas tillståndet vid följande granskning av vattendomstolslovet. Detta leder till att odlarens möjligheter att senare eventuellt utvidga sin verksamhet är begränsade.

Därför skulle det vara viktigt att utveckla tillräckligt enkla och snabba metoder för att bedöma:

- 1) Hur mycket belastning recipienten tål
- 2) Hur mycket en fiskodling med en viss form av spillvattenrening belastar omliggande vattendrag.

För tillfället är Vollenweiders modell den mest använda modellen för bedömning av belastningens inverkan på recipienten.

Om man för fosfor- och kvävebelastningen använder värdet 13 g P respektive 77 g N per producerat kg fisk (se sid 8) kommer man till att Finlands hela fosforbelastning från fiskodlingar år 1988 var ca 0.2 milj. kg och kvävebelastning ca 1.2 milj. kg per år. Med värdena 12.95 för fosfor respektive 99.4 för kväve (Kaukoranta 1988) blir fosforbelastningen 0.194 milj. kg och kvävebelastningen 1,5 milj. kg per år. Detta är ca 3.7 % av Finlands totala fosforbelastning och 1.6 % av kvävebelastningen.

Vid rening av spillvatten från fiskodlingar måste man skilja mellan odling i kassar och odling i bassänger. Principen är den samma i båda fallen, d.v.s man strävar till att ta tillvara slammet, men arbetsmetoderna är lite olika. I detta arbete har man endast behandlat rening av spillvatten från bassänger.

Problemet med reningen av spillvattnet från fiskodlingar, är att närsalterna är utspädda i stora mängder vatten (i fall man inte

cirkulerar vattnet i fiskodlingen). Koncentrationerna av närsalter i vattnet som kommer ut från en fiskodling är vanligen så låga, att det inte är möjligt att rena hela vattenmängden med hjälp av dagens kemiska eller biologiska reningsmetoder. Därför baserar sig reningen av spillvatten från fiskodlingar på partikelavskiljning, samt insamling av slam från fiskbassängerna.

1.2 Undersökningens mål

Den här undersökningens mål var att undersöka Östra Finlands Centralfiskodlingsanstalts belastning av vattendragen, samt reningsanläggningarnas effekt. Före utgången av 1989 måste fiskodlingen ansöka om nytt tillstånd för utsläpp av spillvatten. Den här undersökningen kommer att användas som utgångspunkt för den rapport som Östra Finlands Vattendomstol vill ha, angående behandlingen av spillvattnen, för granskning av de gamla villkoren.

För tillfället är villkoren i lovet, att den totala användningen av foder omräknat till torrfoder inte får överstiga 60 000 kg, den totala biomassan får ej överstiga 33 000 kg samt fosforutsläppen får ej överstiga 250 kg P/a.

Selänne (1985) gjorde en beräkning av belastningen, genom att använda teoretiska reningsprocenter för de reningsanläggningar som planerades. Resultatet var att om foderåtgången (omräknat till torrfoder) är 42 000 kg/a, så är fosforbelastningen 250 kg P/a. Detta skulle betyda att ca 33 % av hela fosforbelastningen, samt 25 % av fosfor i fodret fås tillvara med hjälp av spillvattenreningen. Av den fosfor som finns i fodret binds endast 26 % i fiskarna i form av tillväxt.

I den här undersökningen är tyngdpunkten lagd på fosfor, eftersom den anses vara den begränsande näringsfaktorn i recipienten. Målet var att räkna ut ett värde för belastningen per använt kilogram torrfoder, samt producerat kilogram fisk. Belastningen beräknades dels genom att räkna ut fosfors massbalans och dels med hjälp av analyser på det inkommande och utgående vattnet.

Provtagningarna gjordes under tiden 5.6 - 21.6.1989

2. TEORI:RENING AV SPILLVATTEN FRÅN FISKODLING I BASSÄNGER

2.1 Spillvattnets sammansättning

2.11 Foderkoefficient

Med foderkoefficient förstås foderintag kg/tillväxt kg räknat som färsk vikt. Foderkoefficienten varierar beroende på fiskens ålder, art, hälso-tillstånd, vattnets temperatur, fodrets sammansättning samt framförallt matningssättet. Döda fiskar beaktas vanligtvis ej vid beräkningen av tillväxten, utan tillväxten är direkt fiskarnas vikt vid periodens slut, minus fiskarnas vikt i periodens början. Utan tvivel är det bästa sättet att minska utsläppen från fiskodlingar att sträva till en så låg foderkoefficient som möjligt. Vid användning av torrfoder varierar foderkonstanten vanligen mellan 1.5 - 1.8 för matfisk, medan man med fiskyngel kan komma ner till foderkonstanter runt 1.0 - 1.2. Användning av färskfoder leder vanligen till en foderkoefficient runt 5 - 7.

Vanligen räknar man med ett direkt foderspill på 1 - 5 % för torrfoder och 10 - 30 % för färskfoder.

Foderkoefficienten ökar med fiskens ålder, d.v.s fisken använder fodret mindre effektivt. Enligt svensk statistik från 5 län var den genomsnittliga foderkoefficienten för 2:a och 3:e säsongens regnbåge 1.6 respektive 2.0. Det här förklaras delvis av att under 3:e säsongen ökar fiskens fetthalt (och energihåll) kraftigt, till vilket åtgår mer foder utan att fiskvikten ökar på motsvarande sätt. Viktbaserade foderkoefficienter motsvarande 1.3 och 1.6 för respektive säsong, blir omräknade till energibaserade koefficienter 3.0 och 3.1. (Persson 1987)

Inverkan av hur ofta fiskarna matas, undersöktes i Sverige på en fiskodling med jorddammar och man kom till att belastningen av recipienten sjunker med ökad matningsfrekvens (tabell 1). Detta betyder förstås också att foderkonstanten sjunker.

Tabell 1. Matningsfrekvensens inverkan på belastningen av recipienten. Värdena givna som kg/dag/1 ton fisk. (Vandkvalitetsinstitutet 1976).

	matning 8 ggr/dag		matning 3 ggr/dag	
	torrfoder	våtfoder	torrfoder	våtfoder
BHK ₅	1.4	2.8	1.8	4.7
Tot. P	0.06	0.12	0.096	0.17
Tot. N	0.32	0.48	0.36	0.78

I sista hand är foderkoefficienten beroende av fiskarnas energibehov jämfört med energin som behövs för tillväxt. Växelvarma fiskars foderkonstant kan estimeras med hjälp matningsprocent, samt vattentemperatur vilket syns på bild 1.

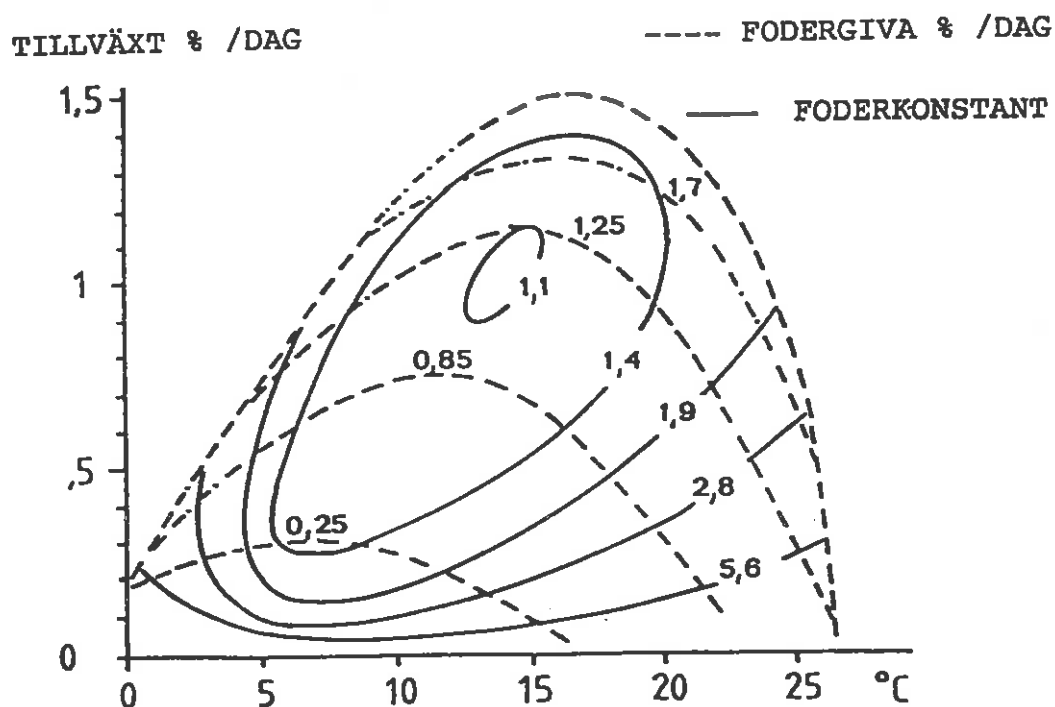
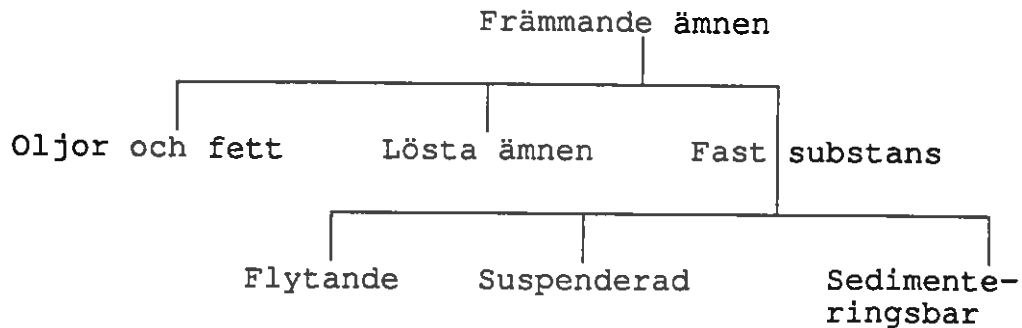


Bild 1. Diagram över temperaturens samt fodergivans (foder/dag i % av fiskens vikt) inverkan på tillväxten samt foderkonstanten (Brett, J. E. and Shoop, C. T. 1969. Growth rate and body composition of fingerling sockeye salmon, *Oncorhynchus nerka*, in relation to temperature and ration size. J. Fish. Res. Bd. Canada, 26: 2362-2394).

2.12 Slambildning

Främmande ämnen i vattnet kan enligt Kajosaari (1973) indelas i:



Av dessa olika grupper är det endast den sedimenteringsbara fasta substansen, som kan tas tillvara med vanlig sedimentering. I fall kemikalier tillsätts får man också bort av den suspenderade fasta substansen samt en del av de lösta ämnena. Ifall kemikaliseringen kombineras med flotation, som går ut på att flokken görs lättare än vattnet med hjälp av vattenbubblor och flokken samlas upp vid ytan, kan också oljor och fetter som är lättare än vattnet tas tillvara.

Slammet bildas dels av fiskarnas fekalier, dels av oanvänt foder. Mängden av slam samt dess egenskaper varierar mycket och tycks främst vara beroende av vilket foder som används, samt fiskarnas ålder. Undersökningar utförda av (Selänne et al. 1983) tyder på att slammängderna ökar med fiskens ålder, men att fast substans/-liter slam å andra sidan minskar, vilket betyder att slammet blir vattnigare.

Slambildningen har undersökts ganska grundligt de senaste åren i Finland och olika undersökningars resultat presenteras i tabell 2. Alla använde sig av regnbåge utom Sumari som utförde provet med Neva lax. Åldern är given som antalet tillväxstsomrar.

Tabell 2. Slammängder från olika fiskodlingar (Selänne & Lindgren 1984)

	foder, ålder	slam l/foderkilo	fast subst. g/foderkilo
Selin et al (1981)	försöksfoder, 2	2.1	96
	kontrollfoder, 2	2.5	181
Sumari et al (1982)	försöksfoder, 1	-	167
	kontrollfoder, 1	-	167
Selänne et al (1983)	Ewos T40, 1	1.8	117
	Ewos T40, 2	2.0	83
	Tess, 2	3.1	255
	Forelli, 2	2.8	192
Eskelinen (1983)	försöksfoder1, 3	2.2	142
	försöksfoder2, 3	1.9	122
	försöksfoder3, 3	2.5	236
	försöksfoder4, 3	2.4	127

Slammets sedimentering är beroende av de olika partiklarnas sjunkhastigheter, vattnets strömningshastighet samt sedimenteringsbassängens yta. Warrer-Hansen undersökte sjunkhastigheterna för färskafekalier från olika stora fiskar och kom till att sjunkhastigheten minskar med ökad vikt. För 5 g:s fiskyngel var sjunkhastigheten 3.3 cm/s och för 20 g:s fiskar 1.7 cm/s. Annars rör sig de i litteraturen förekommande sjunkhastigheterna vanligen runt 1.5 cm/s (Alabaster 1982).

Enligt Mäkinen 1986 är färskt slams sjunkhastighet 1-3 m/min (1.7 - 5.0 cm/s).

Färskt slam från fiskodlingsbassänger har goda sedimenteringsegenskaper, men sedimenteringsegenskaperna försämras snabbt ju äldre slammet blir. Slam från fiskodling faller dock sönder mycket lätt, vilket betyder att det tål pumpning dåligt.

2.13 Belastning av vattendragen

2.131 Fosforbelastningen

Vattenstyrelsens industribyrå samlade år 1983 ihop uppgifter från 31 fiskodlingar angående fosfor- och kvävebelastningen. Fosforbelastningen var 7 g och kvävebelastningen 43 g per använt kg foder. Motsvarande värden för producerat kg fisk var 13 g respektive 77 g. Resultaten finns i tabell 3 och tyngdpunkten ligger på stora fiskodlingar.

Tabell 3. Fiskodlingars årliga fosfor- och kvävebelastning, foderåtgång samt produktion (Salonen 1983).

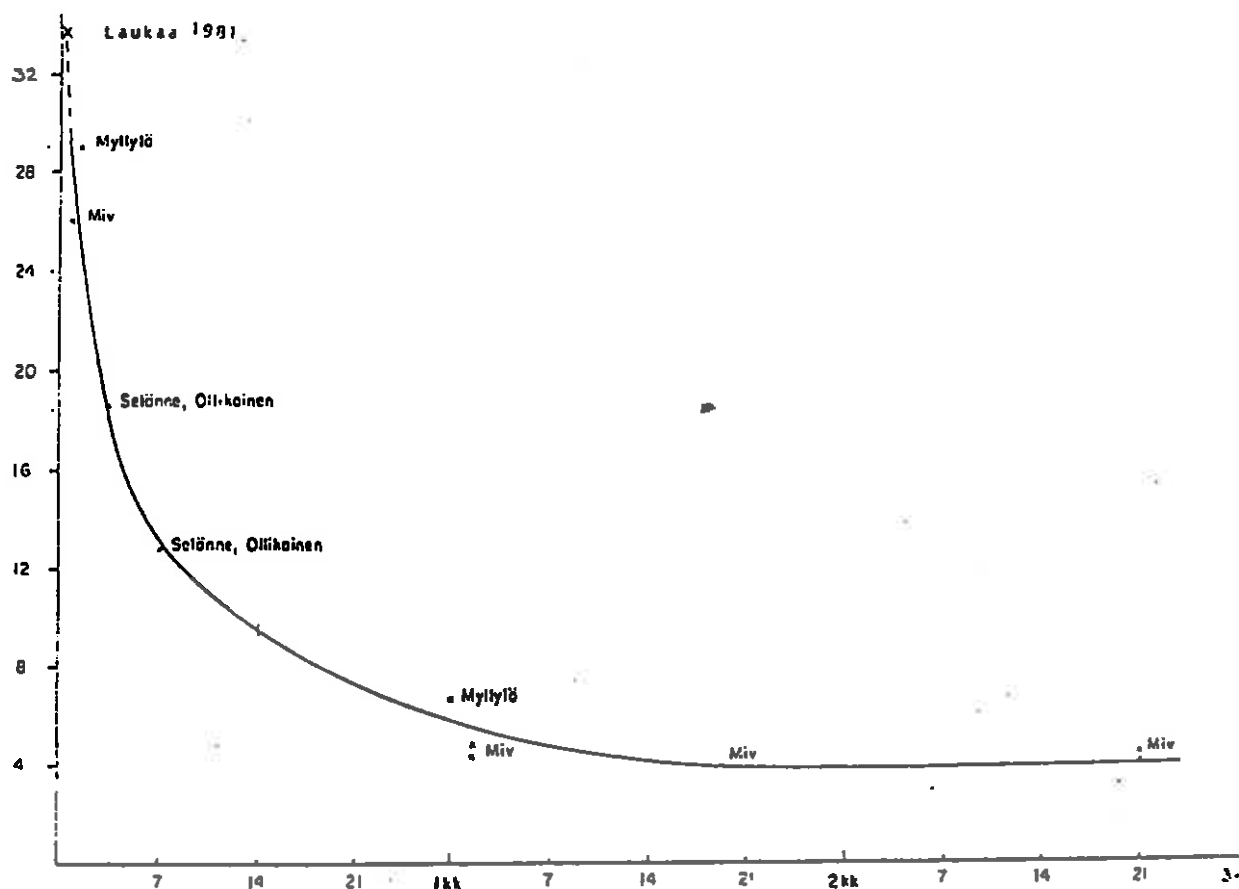
	Medeltal	Variation
Produktion	79 000 kg/a	1 200 - 400 000 kg/a
Vattenanvändning (x1000)	35 100 m ³ /a	300 - 415 000 m ³ /a
Foderåtgång	163 000 kg/a	400 - 940 000 kg/a
Fosforbelastning	1 090 kg/a	5 - 6 400 kg/a
Kvävebelastning	6 800 kg/a	45 - 42 000 kg/a
Fosforbelastning/prod. kg fisk	13 g P	4 - 36
Kvävebelastning/prod. kg fisk	77 g N	12 - 305
Fosforbelastning/kg använt foder	7 g P	2 - 22
Kvävebelastning/prod. kg fisk	43 g N	7 - 149
Foderkonstant	1.8	0.78 - 2.7
Vattenmängd/1000 kg fisk	22 l/s	3 - 228

Kaukoranta (1988) använde värdena 12.95 g P/prod. kg fisk samt 99.4 g N/prod. kg fisk.

Fosfor som är bunden vid slammets fasta substans övergår mycket snabbt i vattenlöslig form, vilket betyder att slammet måste tas tillvara så snabbt som möjligt. Även fosforhalten i slammet varierar mycket. I undersökningar gjorda i Finland, har fosforhalten i färskt slam varierat mellan 10-35 mg P/g fast substans (Leminen 1985). Eskelinen (1988) undersökte fosforhalten i fiskfekalier tagna direkt från 900 g:s regnbågar och fick resultatet 15.6 mg P/g.

Upplösningen av fosfor ur slammet är en process som ännu kräver tilläggsundersökningar. Enligt bild 2 har nästan all fosfor frigjorts inom 6 veckor varefter slammets fosforhalt förblir konstant, 4 mg/g fast substans. Enligt Eskelinen (1988) frigörs i medeltal 15 % av slammets fosfor inom 1 minut. Inom en timme hade det frigjorts ungefär lika mycket fosfor som inom ett dygn, vilket alltså betyder att eftersom det i praktiken är rätt svårt att tillvarata slammet inom en timme, så har det inte så stor betydelse om slammet töms en eller två gånger per dag. Man måste å andra sidan komma ihåg att slammets sedimenteringsegenskaper försämras med tiden.

Fosforhalten mg P/g



Slammets ålder = $1/2 \times$ insamlingstiden

Bild 2. Slammets fosforhalt (i den fasta substansen) som funktion av tiden (Kivinen 1980).

Selänne et al (1983) fick ett något förbryllande resultat, när de märkte att fosforhalten i slammet från virvelseparatorn var högre (52 mg P/g fast substans) än i det färska slammet från bassängerna (20 - 25 mg P/g fast substans). Antagligen beror det på att virvelseparatorn är selektiv och 'väljer' ut tunga partiklar med hög fosforhalt.

Eskelinen (1987) kom till att fosfor nog löser sig i vattnet, men att fosforhalten/fast substans hålls konstant. Detta skulle alltså betyda, att det organiska materialet bryts ned i samma takt som fosfor frigörs.

Några resultat från inhemska undersökningar angående fosfors fördelning i löst form i vattnet, bundet vid den fasta substansen samt den del som binds i fisken finns i tabell 4.

Tabell 4. Fosfors massbalans (Selänne & Lindgren 1984)

Källa	Fiskens storlek (g)	P foder (%)	Foderkoeff.	P fisk (%)	P slam (%)	P vatten (%)	Fel (%)
Selin et al (1981)	25-100	1.3	1.38	20	41	34	- 5
		1.0	1.08	33	24	29	-14
Sumari et al (1982)	50-100	1.1	1.66	18	34	40	- 8
		1.4	1.73	15	44	28	-13
Selänne et al (1983)	50-100	0.9	1.0	42	39	13	- 6
	200-500	0.9	1.15	36	24	41	+ 1
	ca 300	0.75	1.42	35	36	32	+ 3
	ca 300	0.93	1.10	37	28	44	+ 9
Eskelinen et al	ca 650	0.89	1.54	27	42	48	+17
		1.2	1.81	18	42	39	- 1
		0.86	2.11	21	50	40	+11
		<u>0.96</u>	<u>1.27</u>	<u>31</u>	<u>30</u>	<u>32</u>	<u>- 8</u>
Medeltal		1.02	1.44	28	36	35	- 2

En tumregel är att i fall foderkoefficienten är nära 1, så binds 1/3 av fodrets fosfor i fisken, så länge slammet är färskt är 1/3 bundet vid den fasta substansen i slammet (som består av fiskarnas fekalier samt foderrester) och 1/3 är löst i vattnet.

2.132 Kvävebelastningen

I tabell 3 (s. 8) finns följande värden för kvävebelastningen: 43 g N/ kg foder samt 77 g N/kg producerad fisk. Kaukoranta (1988) har använt värdet 99.4 g N/kg prod. fisk.

Kvävet förekommer i vattnet i följande former:

- kväve (org-N) som är bundet vid de organiska ämnena
- ojoniserad (NH_3) samt joniserad (NH_4^+) ammoniak
- i gasform (N_2)
- ammoniakken övergår först i nitritform (NO_2) och sedan i nitrat form (NO_3)

Kvävets cirkulation i naturen är rätt invecklad, men med följande antaganden och anmärkningar stämmer följande modell för självrenande bassänger, (bild 3, Leminen 1985).

- 1) Fiskarnas proteinkälla består endast av fodret och andra proteinkällor finns inte i självrenande bassänger.
- 2) Assimilation och dissimilation utförs endast av mikrober. Assimilerande växter finns ej i självrenande bassänger.
- 3) Kväve fixeras ej från luften som organiskt kväve och kväve frigörs ej i gasform som följd av denitrifikation.
- 4) Det organiska kvävet som är bundet vid slammets fasta substans avlägsnas från bassängen, vilket betyder att ett biologiskt aktivt slamlager inte bildas.

Färskt slams kvävehalt varierar mellan 26 - 60 mg N/g fast substans (Vesi- ja Ympäristöhallitus 1988). Kvävet frigörs inte lika snabbt från slammet som fosfor, men eftersom största delen av kvävet (50 - 75 %) avsöndras som ammoniak ($\text{NH}_3/\text{NH}_4^+$) och delvis som urea $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$, betyder det att insamling av slam inte är någon effektiv metod för minskning av kvävebelastningen.

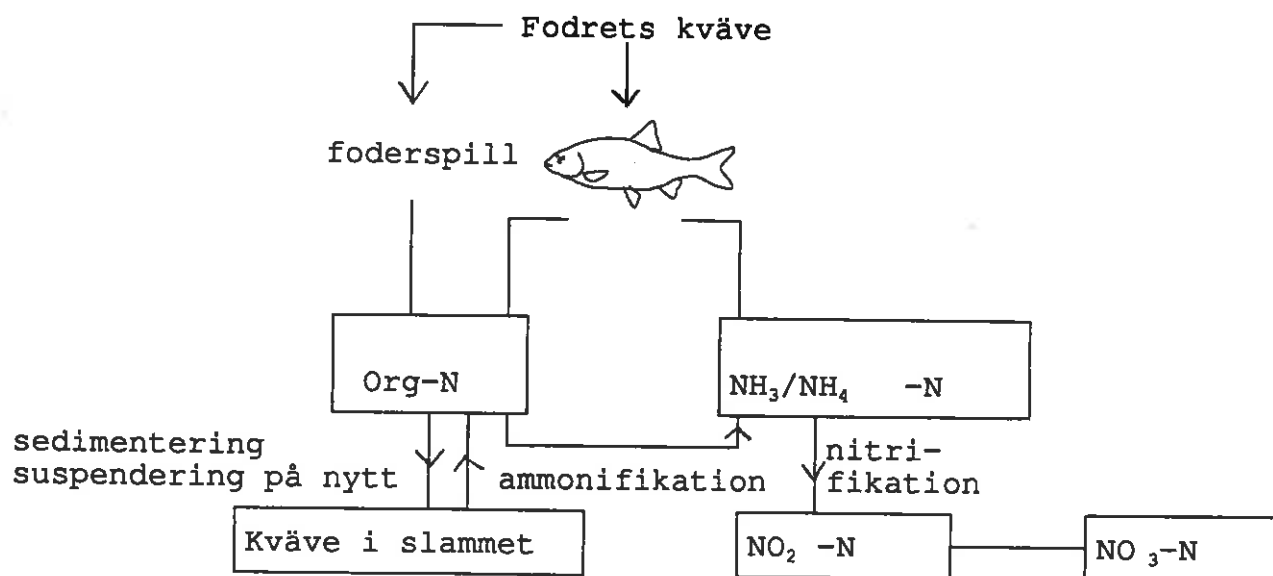


Bild 3. Modell för hur kvävebelastningen uppstår i en självrenande fiskodlingsbassäng (Leminen 1985).

2.133 Belastningen av fast substans samt BOD

I tabell 2 presenterades resultaten från olika undersökningar angående bla. belastningen av fast substans och resultaten varierade mellan 83 - 255 g/kg foder (s. 6). Enligt Mäkinen (1983) är belastningen av fast substans 80 - 280 g/kg foder resp. 110 - 520 g/producerat kg fisk. BOD₇-belastningen beräknades till 100 - 370 g/kg foder resp. 145 - 720 g/producerat kg fisk.

Butz och Vens-Cappell undersökte belastningen från regnbåge av storleken 41 - 167 g i temperaturen 14 °C och fick resultaten 259 g fast substans/kg foder, respektive 117 g BOD/kg foder (Alabaster 1982).

Enligt Karlgren (1981) är BOD₇ belastningen från dammodling i Danmark med foderkoefficienten 1.5, utan rening 4.5 kg/dag per ton säsongvis producerad fisk. Om man räknar med att tillväxtperioden är 130 dagar, blir BOD-belastningen ca 390 g/kg foder respektive 585 g/producerat kg fisk.

Muir (1978) undersökte storleksfördelningen på fekalier från regnbågsforellodling och fick följande fördelning:

< 5	µm	35 %
5 - 75	µm	55 %
> 75	µm	10 %

2.2 Fodrets och fiskarnas fosfor- och kväve-halter

Fodrets fosfor- och kvävehalter är givna i garantibevisets förteckning över tillverkningsämnen, men det har visat sig att åtminstone fosforhalterna ofta är större i praktiken. För att fiskarna skall få sitt fosforbehov tillfredställt, måste fodret innehålla minst 0.7-0.8 % fosfor (Korhonen 1981, Mäkinen & Eskelinen 1983). Det torrfoder som för tillfället finns på marknaden innehåller 0.9 - 1.4 % fosfor. Fodrets fosforhalt minskar vanligen med ökad pelletstorlek.

Effekter av fodrets fosforhalt har också undersökts av Ogino och Takeda (1978). De utfodrade 1 g:s regnbågsyngel under 6 veckor med foder som innehöll varierande mängder lösliga fosfor- och kalciumhalter. Både benstommens storlek, fosfor och kalkhalten i denna, samt tillväxthastigheten visade ett positivt samband med fosforhalten i fodret vid halter under 0.8 % av torrvikten. Högre fosforhalter i fodret påverkade inte de studerade variablerna (Persson 1978).

Enligt Nose & Arai 1979 är fiskarnas utnyttjande av fodrets fosfor beroende av i vilken kemisk form fosfor förekommer i fodret. Detta betyder alltså att minimigränsen för fodrets fosfor inte nödvändigtvis går vid 0.8 %, utan den kan eventuellt vara mindre, ifall all den fosfor som finns i fodret är i sådan form att fiskarna kan utnyttja det. Upptagande av fosfor direkt från vattnet har ingen praktisk betydelse. Ogino och Takeda 1979 kom till att karpar bäst kan utnyttja fosfor som härstammar från mjölk eller jästprodukter.

Fiskarnas fosforhalt varierar beroende på art, ålder och årstid. Vanligen används 0.4 % som tumregel. Åtminstone fosforhalten i 1- och 2-åriga regnbågsforeller tycks vara större. Selänne & Lindgren (1984) fick resultaten 0.47-0.52 % fosfor i en sommar gamla regnbågsforeller med foderkonstanten 0.83-1.46 och fodrets fosforhalt 1.0-1.5. Lall & Bishop (1979) kom till 0.466-0.470 % fosforhalt i 50-100 g regnbågsforeller när foderkonstanten var 1.03-1.25. I fiskar som hade vuxit i salt vatten var fosforhalten lite lägre (Leminen 1985).

I regnbågsforellen är 50-60 % av fosfor bundet i benvävnaden, trots att benvävnaden endast utgör 4.6-5.5 % av en regnbåges vikt. Persson (1986) tolkade ett positivt samband mellan storlek och fosforhalt hos regnbågsforeller, som en effekt av den ökning av regnbågens torrsustanshalt som följer med tilltagande storlek. Ju äldre fisken blir, desto mindre blir benstommen procentuellt sett, vilket dock kompenseras av att torrsustanshalten ökar, medan å andra sidan askhalten minskar. (Askan härrör huvudsakligen från fiskens benstomme) (Persson 1987).

Dagens torrfoder innehåller 6 - 9 % kväve. Största delen av kvävet härstammar från fodrets äggviteämnen. Äggviteämneshalten i vanliga fodertyper i dag är ca 50 % i foder för fiskyngel och 30 - 40 % i foder för matfisk.

Kekkonen (1981) kom till att regnbågsforellen innehåller 2.5 - 2.76 % kväve beräknat enligt färskvikt.

2.3 Fiskodlingsbassängernas massbalans

Beräkningen av massbalansen kan göras med följande formel:

$$Q_{out} c_{out} = Q_{in} c_{in} + FMc_m - Fc_f - Sc_s$$

Q_{out} -utgående vattenströmning (m^3/t)

c_{out} -utgående vattnets konsentration (mg/l)

Q_{in} -inkommande vattenströmning (m^3/t)

c_{in} -inkommande vattnets konsentration (mg/l)

FM -foderåtgång (kg/t)

c_m -fodrets konsentration (g/kg)

F -tillväxt (kg/t)

c_f -fiskarnas konsentration (g/kg)

S -tillvarataget slam (kg/t)

c_s -slammets konsentration (g/kg)

Man har antagit att $Q_{out}=Q_{in}$, samt att näringsämnena samt slammet är idealiskt blandat i vattnet.

2.4 Uppsamling av slam från fiskodlingsbassänger

2.41 Allmänt

Fosfor som är bunden vid torrrsubstanten löser sig mycket snabbt i vattnet (bild 2 s. 9) och därför bör uppsamlingen av slam ske så snabbt som möjligt. Den bästa metoden är utan tvivel att använda sig av självrenande bassänger vars spillvatten förs till virvelseparatorer, triangel- eller trumfilter eller flotation. Flotationen torde dock vara alltför dyrt i praktiken. Sedimenteringsbassänger av jord är inte att rekommendera, eftersom insamlandet av slammet från dem är ett problem. De traditionella sedimenteringsbassängerna har den nackdelen att de upptar stora ytor.

Man borde sträva till att inte pumpa slammet innan det går till virvelseparatorn, filtrering eller sedimenteringsbassängerna, eftersom slammet faller sönder mycket lätt och det leder till dåligt resultat vid avskiljningen. Pumpning före flotationen är inte till så stor skada.

Rören som slammet leds i måste vara tillräckligt stora, så att det inte uppstår stockning, utan att dock göra genomströmningshastigheten alltför låg. När hastigheten i röret sjunker under 0.3 - 0.5 m/s finns det risk för att de fasta partiklarna i slammet blir kvar på botten av röret. Om slambehållaren i den självrenande odlingsbassängen eller i virvelseparatorn töms underifrån, bör behållarens väggar vara tillräckligt branta ($= 60^\circ$) så att slammet rör på sig. Ventilen bör kunna öppnas snabbt (t. ex. klaffventil, vridskiveventil eller kulventil), så att slammet fås i rörelse med en knyck.

2.42 Självrenande bassänger

För att effektivt få det färska slammet insamlat från odlingsbassängerna, är enda möjligheten i dagens läge självrenande bassänger. Principen är densamma som hos virvelseparatorn. Vattnet kommer in vid den runda bassängens sida och de sekundära strömningarna för slammet till mitten av bassängen till en slambehållare. Det verkar som om vertikalsikten skulle vara mera praktisk än botten-sikten. Bottensikten täpps lättare till och dessutom ser man inte vad som händer i slambehållaren.

Beroende på hur slammet och vattnet avlägsnas från bassängen (vilket inverkar på vilken behandlingsmetod som väljs för spillvattnet), kan de självrenande bassängerna indelas i tre grupper.

- 1) En möjlighet är att allt vatten från den självrenande bassängen tas ut via botten och förs vidare för slamavskiljning. Fördelen är att slammet avlägsnas effektivt från bassängerna, men å andra sidan blir vattenmängderna som skall behandlas mycket stora.
- 2) En annan möjlighet är att bassängen förses med en slamficka i mitten av bassängen. Slamfickan töms med hjälp av gravitation eller undertryck sugsystem (kräver vertikal-sikt) en eller flera gånger per dag. Största delen av vattnet går ut via ett rör vid ytan. Fördelen är att det tillvaratagna slammet är koncentrerat. Det är viktigt att slamuppsamlingsfickans kanter är så branta ($= 60^\circ$) att man får slammet i rörelse vid tömningen.

- 3) Man kan också kombinera de två tidigare metoderna. Idén är att allt vatten tas ut via bottenet och leds genom ett lodrätt rör som reglerar vattennivån i bassängen. Slammet samlas i det lodräta röret, varifrån det töms antingen genom att öppna en skild ventil eller genom att röret fälls ner så att slammet töms till en kanal för slamvattnet.

2.421 Triangelfilter

Filtret kan bestå av en metallskiva med hål i, eller ett nät av nylon eller av tunn metalltråd, vars maskvidd är 30 - 100 μm . Vanligen används 60 - 100 μm . Idén är att vattnet övre vägen rinner genom filtret, som putsas av en vattenstråle undre eller övre vägen. Putsningen kan ske kontinuerligt eller styras enligt hur snabbt filtret täpps till, varvid man får mindre vattnigt slam. Putsningen d.v.s sköljningen av filtret, kan t. ex. styras med hjälp av en vattennivå mätare i avloppskanalen, så att när filtret täpps till så stiger vattnet i kanalen och sköljningen startar automatiskt. En annan möjlighet är att ett optiskt öga kontrollerar när filtret täpps till.

På bild 4 är triangelfiltret illustrerat

I princip är triangelfiltrets idé densamma som hos trumfiltret, men triangelfiltret är lite billigare och söndrar inte slampartiklarna lika mycket, som när vattnet blandas om i trumfiltret. En annan av triangelfiltrets fördelar, är att det tillvaratagna slamets (tvättvattnets) volym är ca 0.2 - 0.5 % av det vatten som rinner genom filtret, d.v.s slammet är inte lika vattnigt som slammet från ett trumfilter.

Reningsprocenten för ett triangelfilter beror förstås bl.a på vilken maskvidd man använder. Resultaten tyder dock på att i bästa fall är reningsprocenten upptill 90 - 100 % för fosfors del. Fosfor- och kvävereningsprocenterna beror

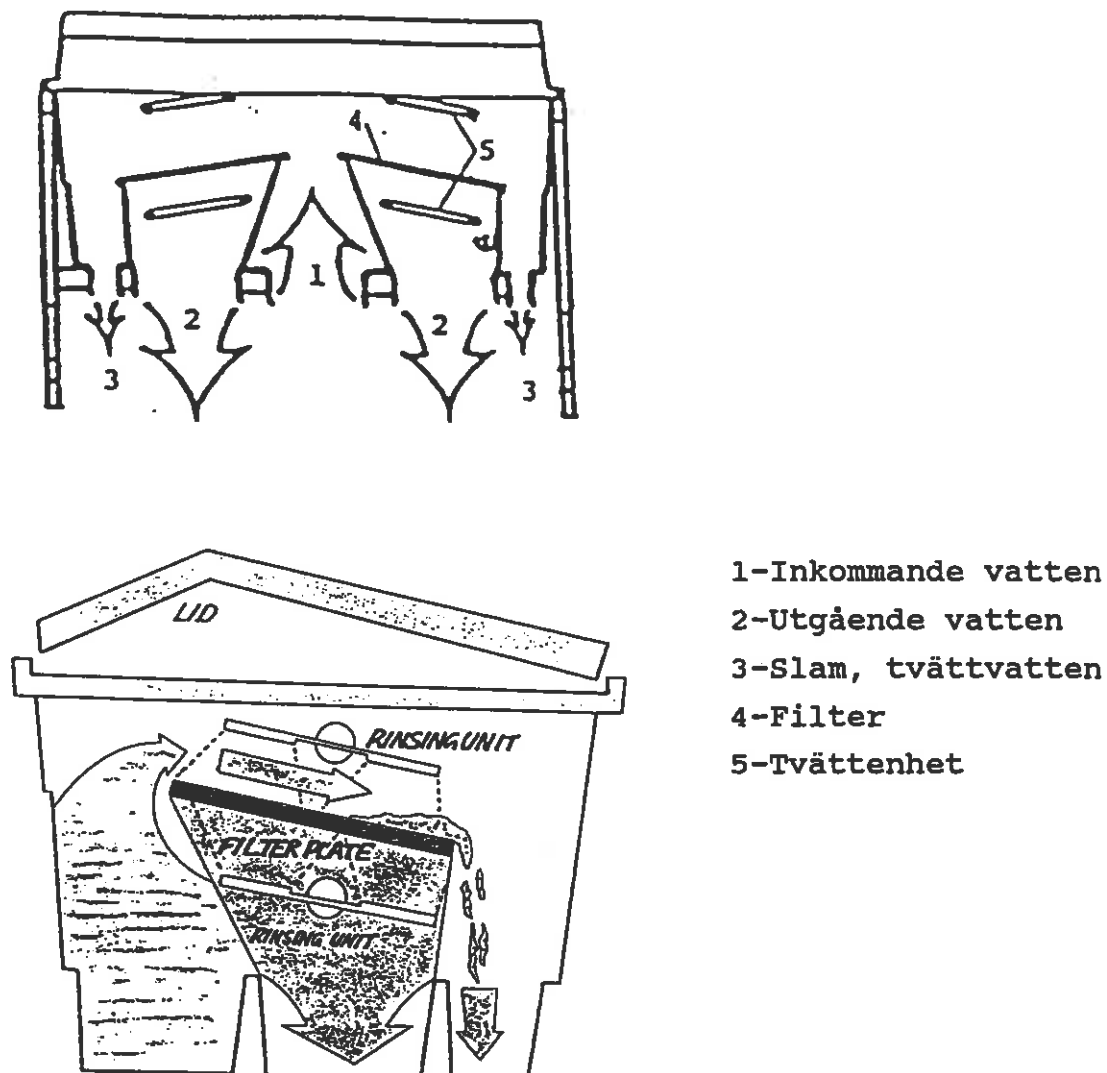


Bild 4. Triangelfilter

förstås på hur stor del som är bundet vid den fasta substansen. I princip kan man dock för fosfors del räkna med att ca. 50 % av den fosfor som finns i spillvattnen, är bundet vid torrsubstansen.

Ett triangelfilter med kapaciteten 40 l/s och maskvidden 60 μm kostar ca 70 000 mk.

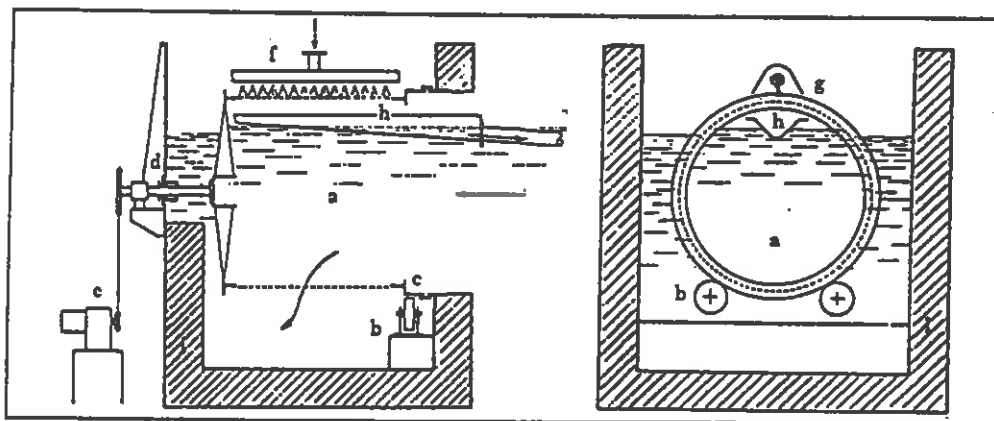
2.422 Trumfilter

Ett trumfilter består av en trumma (cylinder) som vattnet rinner igenom, antingen inre eller yttre vägen. De fasta partiklarna fastnar i filtret, som när det sakta snurrar runt rengörs av sköljvattenmekanismen.

Filtret kan bestå av en metallskiva med hål i, eller nät av metalltråd eller konstfiber precis som hos triangelfiltret. Hålen bör vara 20 - 100 μm varvid det är frågan om mikrosilning. Sköljvattenmängden för mikrosilning är rätt stor 1.5 - 2.5 % av den vattenmängd som går genom filtret. Trumman snurrar runt med en fart av ca 5 - 50 cm/s, mätt vid den yttre kanten (Kajosaari 1981).

Reningsprocenten torde vara i samma klass som för triangelfiltret eller lite sämre.

Ett trumfilter med kapaciteten 40 l/s kostar ca 150 000 mk.



a) Trumman b) Bärande rullar c) Tätningeband d) Akselns lager med tätning e) Motor f) Tvättenhet g) Stänkskydd h) Slamuppsamlare i) Betongbehållare

Bild 5. Trumfilter (Kajosaari 1981).

2.423 Virvelseparator

Virvelseparatorn fungerar i princip som en gravitations sedimenteringsbassäng, där sekundärströmningarna samlar slammet på bottnet i mitten av separatorn. Virvelseparatorn kommer ursprungligen från USA, där den utvecklades för att avskilja sand från regnvatten. Virvelseparatorn lämpar sig i synnerhet för avskiljning av material med hög sjunkhastighet. Till virvelseparatorns fördelar hör att den endast behöver ca 10 % av den yta som de konventionella sedimenteringsbassängerna kräver.

Mäkinen (1984) utförde ett försök med en virvelseparator på Por-raskoskis fiskodling, där allt vatten från de runda självrenande bassängerna leddes till virvelseparatorn, vars diameter var 3 m. Vattenflödet var i medeltal 28 l/s och den hydrauliska belastningen alltså ca 4 l/s m². Fiskarna matades med torrfoder och foderkoefficienten var mycket dålig, endast 2.4. Av fodrets fosfor bands 13 % i fiskarna, 42.5 % fick man tillvara genom slammet från virvelseparatorn och 46.7 % belastade recipienten. Man fick tillvara 150 g fast substans/kg foder. En orsak till de goda resultaten vad fosfor beträffar är att fosforhalten i den fasta substansen var relativt hög, 35.5 mg/g fast substans.

Mäkinen (1982) gjorde också ett försök år 1982 på Laukaa Centralfiskodlingsanstalt och kom då till att med den hydrauliska belastningen var 5.3 l/sm² (19 m/h), så kunde man tillvarata 60 - 70 % av den fasta substansen.

I dag räknar man med en reningsprocent på 15 - 25 % av den fosfor som finns i fodret vilket skulle betyda att man kan tillvarata ca 50 - 70 % av den fasta substansen. Detta betyder att spillvattnens fosforbelastning minskar med 20 - 40 %.

Beroende på hur vattnet leds bort talar man om virvelseparatorer med avledning från mitten eller från sidan. Heikkinen (1984) undersökte en virvelseparator med avledning från sidan gjord av presenning (se bild 6).

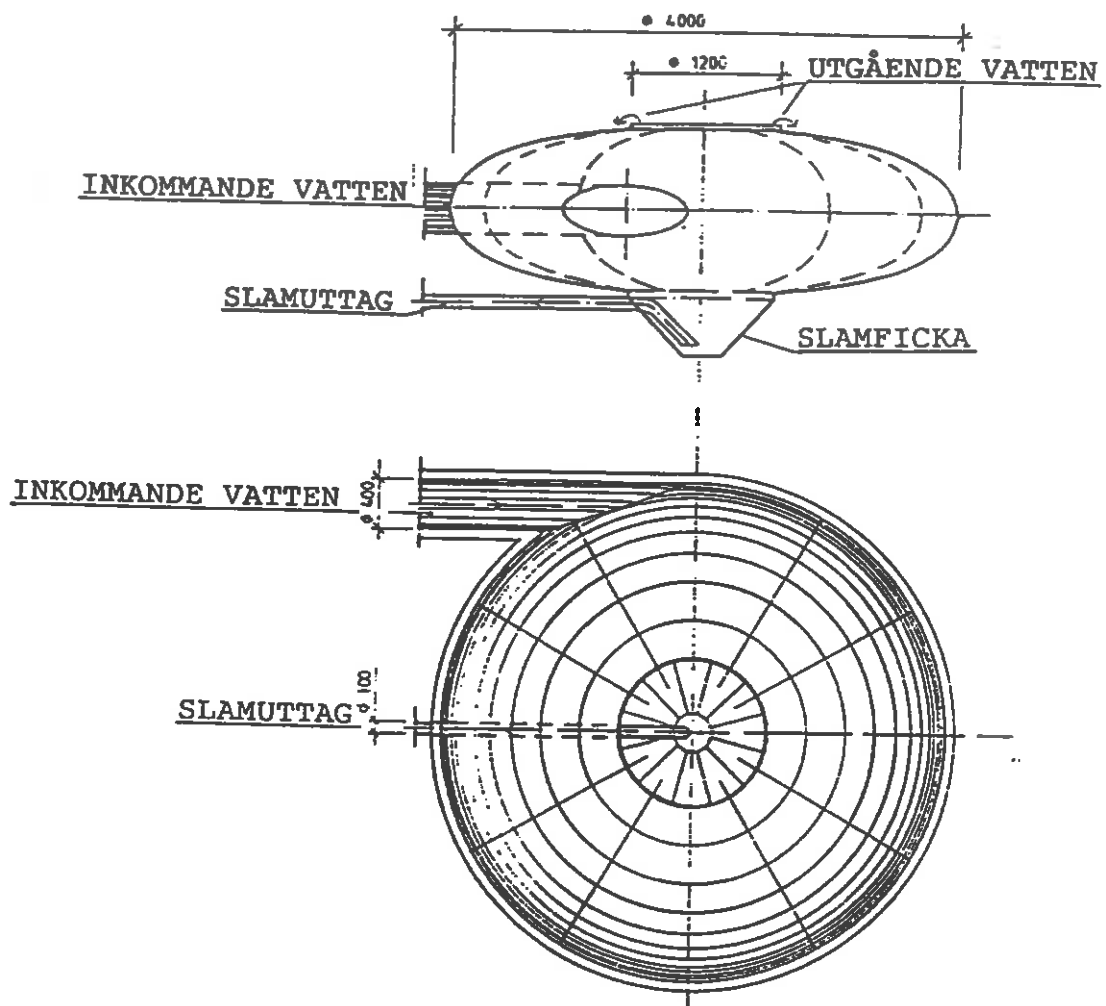


Bild 6. Virvelseparator med avledning från sidan.

Virvelseparatorns funktionsduglighet kan förbättras genom att röret för det inkommande vattnet förlängs med en mellanvägg (bild 7), vars uppgift är att hindra att det uppstår en virvel vid ytan, samtidigt som den bildar ett tak för det inkommande vattnet, så att det trycks ner mot botten. Virvelseparatoren kan också förses med en enkel mekanism som samlar in flytande material. Om vattnet leds till virvelseparatoren från botten av fiskodlingsbassängen behövs ytrenaren inte, eftersom det inte kommer några flytande partiklar till virvelseparatoren.

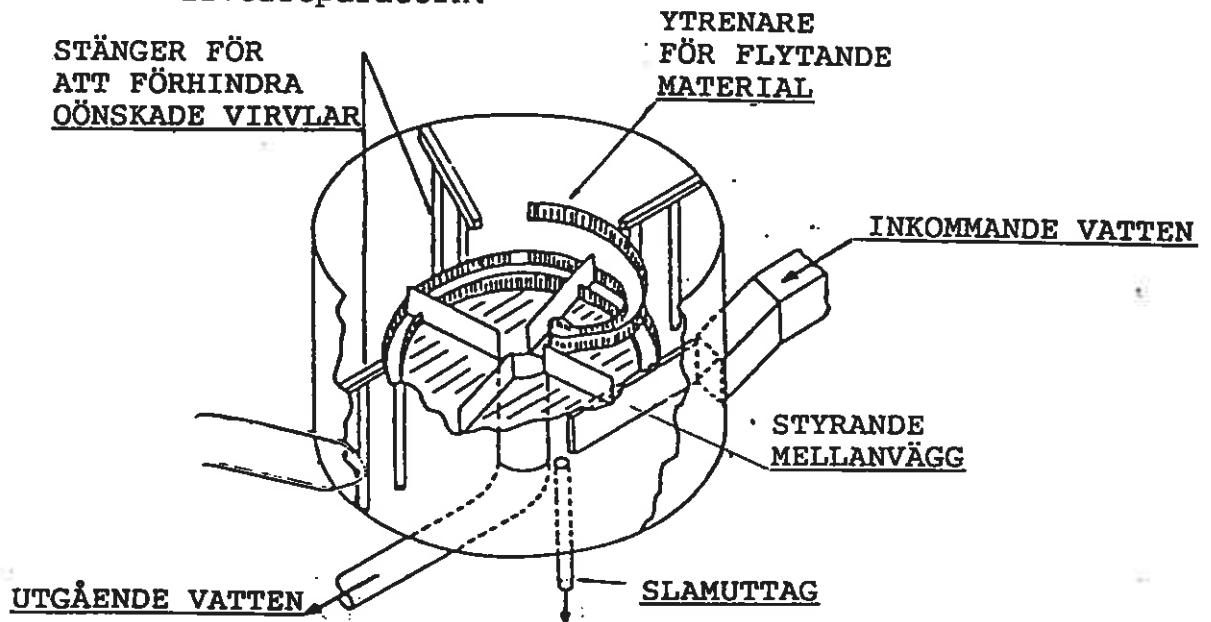


Bild 7. Virvelseparator med mellanvägg för inkommande vatten samt ytrenare.

Sekundärströmningarna som uppstår kan förklaras med samma teori som gäller för strömning i kurvan av en öppen kanal. När vattnet strömmar i en kurva stiger vattenytan i ytterkurvan pga centrifugalkraften bild 8. Partiklarna CDEF och GHIK påverkas av ett högre vattentryck från den yttre sidan, än från den inre sidan och tryckskillnaden är lika stor för de båda partiklarna. Partikeln CDEF som är nära ytan har större hastighet än partikeln GHIK nära botten, eftersom bottenfriktionen bromsar hastigheten. Det här betyder att centrifugalkraften inverkar mera på den partikeln som är nära ytan än på partikeln vid botten, eftersom deras rörelsebanors radier är lika stora. För att uppnå balans måste partikeln CDEF röra sig utåt, där radien är större och centrifugalkraften på motsvarande sätt mindre och partikeln GHIK röra sig inåt, där radien är mindre och centrifugalkraften på motsvarande sätt större (Hosia & Tuononen 1976).

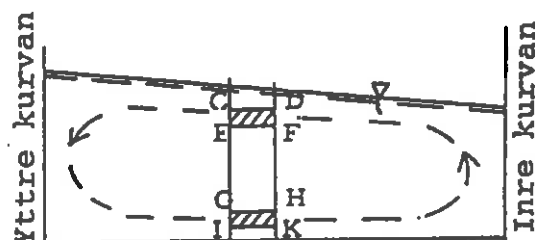


Bild 8. Sekundärströmningar i kurvan av en öppen kanal
(Hosia & Tuononen 1976).

Virvelseparatorerna i Östra-Finlands Centralfiskodlingsanstalt vars diameter var 2.5 m. och dimensionerande vattenförlösning 23 l/s kostade ca. 100 000 mk.

2.424 Flotation

Flotation går ut på att man för in små luftbubblor vid botten av flotationsbassängen. När luftbubblorna stiger upp genom vattnet, fäster de sig på ytan av de partiklar som finns i vattnet, varvid dessa blir lättare än vattnet och lyfts upp till ytan. När spillvatten renas förbättras ofta reningsresultatet med hjälp av kemikalier, vanligen aluminium. Till flotationens goda sidor hör:

- kort genomströmningstid samt hög ytbelastning (ca 15 - 45 min. respektive 6-10 m/h),
- kräver lite utrymme,
- passar bra även för kallt vatten, samt är inte känslig för förändringar i vattentemperaturen
- passar bra för partiklar vars specifika vikt endast är lite större än vattnets och sjunkhastigheten därför liten
- hög reningsprocent när den fungerar ordentligt.

Till dess dåliga sidor hör högt pris samt höga brukskostnader (kemikalie- och energikostnader från luftning).

Slammet som fås från flotationen är mycket hållbart. Vääränen (1986) undersökte flotationens lämplighet för behandling av fiskodlingars spillvatten och fick följande reningsprocenter vid behandling av slam från ett trumfilter; totala fosfor och kväve 95 % respektive 92 %, BOD 99 %, KMnO_4 >100 % samt fast substans 87 - 95 %. Vid behandling av spillvatten direkt från fiskodlingsbassängerna, var reningsprocenterna för totala fosfor och kväve samt KMnO_4 större än 100 %.

Bästa sättet att få till stånd luftbubblor är att använda sig av dispersionsvatten som har mättats med luft under högt tryck (500-700 kPa). Det är inte praktiskt att lufta hela vattenmassan, eftersom de lösa slampartiklarna då lätt faller sönder. Det luftade dispersionsvattnet (vanligen ca 10 % av det vatten som skall behandlas), leds in vid bottnet tillsammans med det vatten som skall behandlas. Det renade vattnet leds ut från bassängens andra ända via bottnet och skummet samlas in mekaniskt från ytan Kajosaari (1981). På den engelska försöksanläggningen Zabel, uppnåddes bästa resultatet när luften tillfördes vattnet under 420-500 kPa tryck och dispersionsvattnets andel av det behandlade vattnet var 8 %. För behandlingen av 1 m³ vatten behövs 5-7 g luft.

Kostnaderna för en flotationsanläggning vars kapacitet är 20 l/s, beräknades år 1988 vara 450 000 mk och de årliga brukskostnaderna 92 000 mk (Vesi- ja ympäristöhallitus 1988).

2.43 Raceway jordbassänger

Jord- eller racewaybassänger kan aldrig fås självrenande ifall inte vattengenomströmningshastigheten är mycket stor, vilket leder till stor vattenförbrukning. En möjlighet är att använda sig av slamuppsamlingsfickor som töms så ofta som möjligt. Slamuppsamlingen kan förbättras genom att koncentrera matningen i närheten av slamfickorna, samt förse dessa med uppåtstående kanter, vilka bromsar upp vattenströmningen så att slammet sätter sig bakom väggen i fickan. I praktiken har det dock visat sig vara svårt att få slammet att samlas på ett visst ställe och eftersom slammet hinner bli gammalt, så kan man endast tilvarata obetydliga mängder fosfor.

2.5 Torkning av slam från fiskodlingsbassänger

2.51 Allmänt

För att kunna använda slam tillgodo måste det vara i fast form. När den fasta substansens andel stiger till ca 20 %, kan slammet hanteras med spade. Behandlingen av slam från fiskodlingar stöter på samma problem som behandlingen av slam från små avfallsvattensreningsverk. Slammängderna är små, vilket leder till att investeringskostnaderna för maskinell torkning blir mycket stora, eftersom det inte finns små mekaniska slamtorkare att köpa. Kompostering kräver också skötsel samt mycket utrymme. Det idealiska skulle förstås vara att slammet pumpades eller kördes till något närliggande avfallsvattensreningsverk, men detta är förstås inte alltid möjligt. För tillfället verkar det som om torkning av slammet på en slamtorkbädd av torv skulle vara den bästa metoden.

2.52 Förbehandling av slamvatten

2.521 Sedimentering

Sedimenteringen baserar sig på att partiklar som är tyngre än vattnet sjunker ner mot botten. Sjunkhastigheten är bl.a beroende av partikelns tyngd, form samt vattnets viskositet som ökar med stigande temperatur. Sedimenteringsbassängen kan antingen fungera så, att nytt slamvatten leds in oavbrutet eller så att bassängen fylls, varefter slamvattnet får stå och sedimentera under natten. Det renade vattnet kan sedan tex. pumpas bort övre vägen med hjälp av en nedsänkbar pump. Bild 9 beskriver en modell av en vertikal-sedimenteringsbassäng.

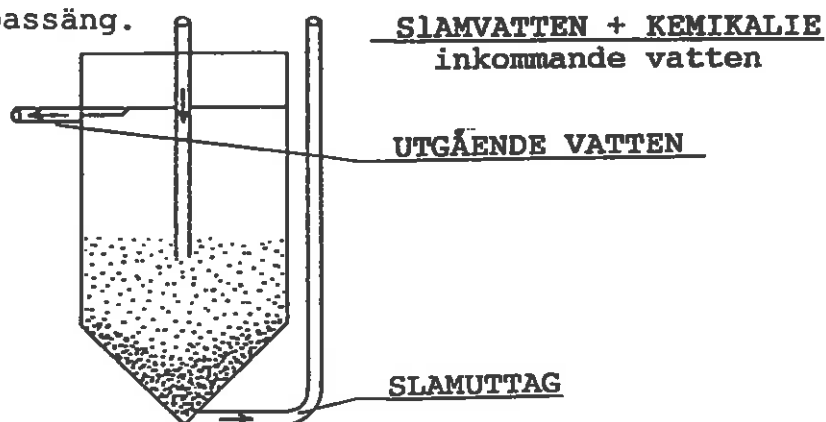


Bild 9. Vertikalsedimenteringsbassäng (Vesi- ja ympäristöhallitus 1988)

2.522 Kemisk behandling

För att förbättra sedimenteringsresultatet, samt tillvarata de i vattnet lösta näringsämnen, används kemikalisering som hjälpmedel. De vanligaste avfällningskemikalierna är släckt kalk (Ca(OH)_2), ferrisulfat FeCl SO_4 samt aluminiumsulfat $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 16 \text{H}_2\text{O}$.

Vid planering av kemikalisering bör man sträva till att den är utförd så enkelt som möjligt. I praktiken är det närmast användning av kalk som kommer i fråga, eftersom det är lätt att använda, billigt samt samtidigt höjer slammets värde som jordförbättrare. Till kalkets nackdelar hör att det bildar kalksten i pumpar, ventiler och rör. För avfällning av fosfor från slamvatten krävs det ca 2 - 3 kg vattenverkskalk per m^3 slamvatten. Ur bild 10 framgår det att avfällningen kommer igång ordentligt först när pH stiger över 8. Det optimala pH värdet är runt 11 beroende på slamvattnets alkalitet.

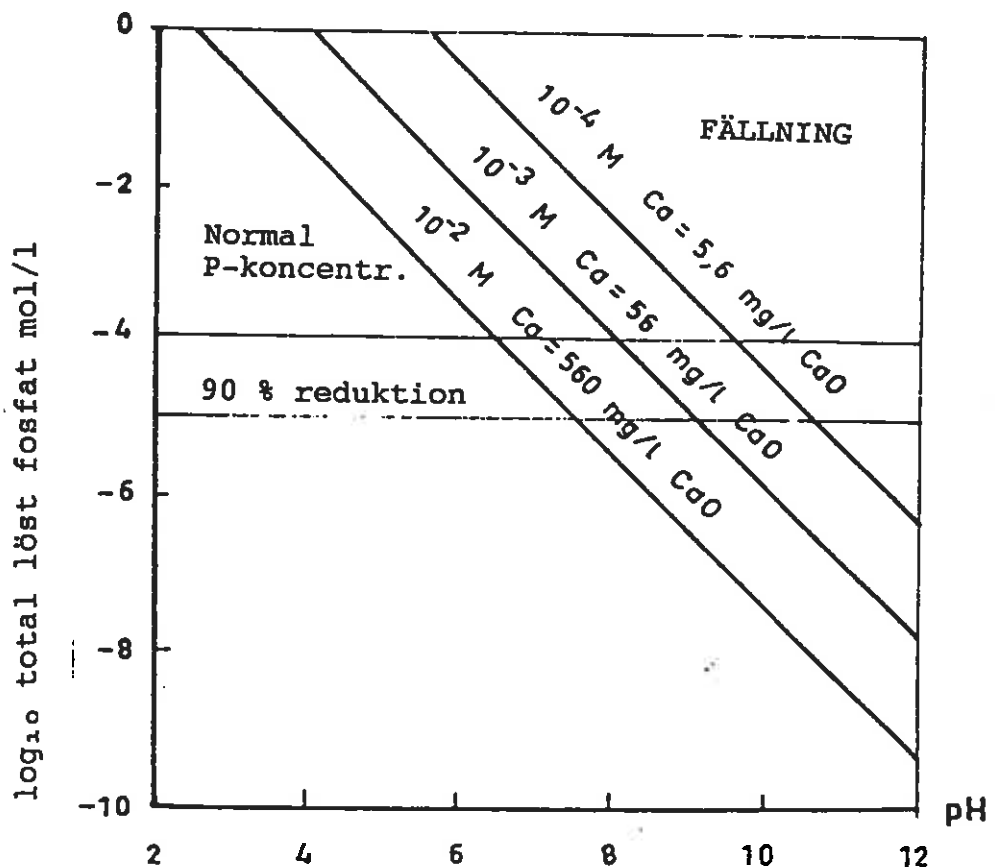


Bild 10. Bildningen av kalciumfosfat som funktion av Ca- och PO_4 -halterna samt pH (Werner 1971).

Ferrisulfat som levereras i löst form är också lätt att använda medan Aluminium kräver pH reglering och det optimala pH värdet är ca 6.0.

2.523 Slamförtjockning

Slamförtjockningen går ut på att en mekanisk blandare sakta snurrar runt, vilket gör att vattnet avskiljs från slammet. Slamförtjockningen kan ske i en skild bassäng eller i samband med sedimenteringen. När det är fråga om slam från fiskodlingar, kommer det närmast i fråga att förse sedimenteringsbassängens slambehållare med en mekanisk blandare. På detta sätt kan man komma upp till värden runt 5 - 9 % för slammets fasta substans. Dylikt slam går ännu bra att pumpa.

2.53 Slamtorkbädd av torv

Vid torkning av slam på en bra fungerande torvbädd kan man komma upp till värden runt 40 % för den fasta substansen. I Finland har torvbäddarna hittills bestått av ett 0.3 - 0.5 m. tjockt torvlager, under vilket det finns täckdikningsrör som är intäckta med grus (bild 11).

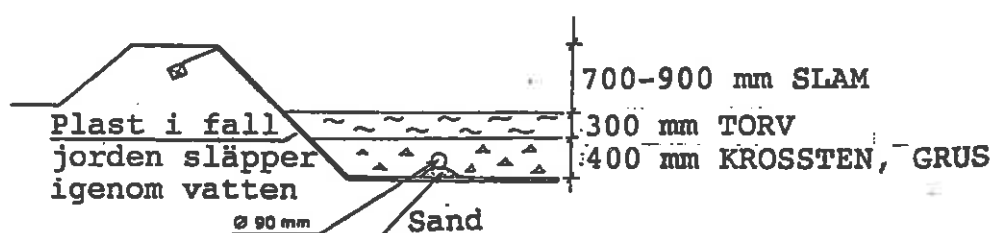


Bild 11. Traditionell slamtorkbädd av torv.

Torvbäddarna har vanligen varit dåligt skötta, vilket har lett till dåliga reningsresultat samt luktproblem. Problemen har varit att det är svårt att få slammet jämnt utspritt över torven, det bildas lätt pluggflöden i torven i fall den inte blöts och pressas i påfyllningsskedet, när slammet torkar ovanpå torven bildas det en hård skorpa som inte släpper genom följande slamsats. Som

lösning på dessa problem har VAPO OY utvecklat en liten flyttbar torvbädd, $2 \times 5 \text{ m}^2$ som fylls med ett ca. 20 cm. tjockt torvlager. Torvbädden är försedd med en skiva som sprider slammet jämnt över torven, samt en maskin som river sönder det torkade slammet så att ingen hård skorpa bildas ovanpå torven.

Vid användning av torv för torkning av slam fungerar torvbädden i princip som ett mekaniskt filter, vilket betyder att endast näringsämnen som är bundna vid torrsubstansen blir kvar i torven. Slammet komposterar inte i torvbädden, eftersom aerobiska mikrobers verksamhet inte är möjlig när fuktighetsprocenten överstiger 65 %. Varma sommardagar avdunstar en del av vätskan. Torvens förmåga att binda katjoner är enligt Clymo (1963) 1.2 m.eq./g.D.W. jämfört med anjoner $0.0026 \text{ m.eq./g.D.W.}$ vid pH över 7. Eftersom fosfor och kvävet som är de viktigaste näringsämnena är lösta i vattnet i form av anjoner, är torvens förmåga att binda näringsämnen som är lösta i vattnet mycket begränsade. Torven binder dock tungmetaller s.s koppar, nickel, kobolt, zink, kvicksilver, kalium, zirkonium och zink mycket bra.

Torven är inte längre stabil vid pH över 8.5 och vid pH under 3, lösgörs de flesta metaller ur torven Thun (1980). Nackdelen med användningen av torv för torkning av slam som är behandlat med kalk, är att slammets pH vanligen är över 11. På Östra Finlands Centralfiskodlingsanstalt torkades slam vars pH var över 12, varvid det utkommande vattnet från torvbädden blev brunt (ca. 200 Pt mg/l). Under de första dagarna frigjordes tydligen en del av torvens fosfor, men eftersom torven inte innehåller särskilt mycket fosfor i sig själv, har detta ingen praktisk betydelse.

Till torvens fördelar hör att den är billig, naturvänlig, inhemsk samt den kan efteråt användas som växtgödsel eller jordförbättringsmaterial. Till nackdelarna hör att det lätt blir pluggflöden i torven genom vilka vattnet rinner igenom utan att renas, samt att torvlagret lätt slammar igen om torvbädden inte sköts.

Torvbäddens kapacitet är ca. $250 \text{ kg torrsubstans per m}^3 \text{ torv}$. Efter detta börjar torvbädden täppas till.

Kaunismaa et al (1984,1985) fick följande resultat vid torkning av slam på torvbädd.

Reningsprocent

	torvbädd 1	torvbädd 2
fosfor	93 - 99	99
kväve	76 - 81	92 - 96
torrsubstans	98 - 99	99
BHK ,	55 - 58	92 - 99
enterokocker		98 - 99
KMnO ₄		74 - 85

Enligt Alonen (1981) är torvbäddens reningsprocent för gammalt slam upptill 90 % för fosfor. Osborne (1975) använde ett torv-sand filter vid behandling av spillvatten från en campingplats under ett år och fick följande reningsprocenter: fosfor 99.6%, koliforma bakterier 99.99 % och kväve 46 %.

2.54 Slamtorkbädd av sand

I princip fungerar ett sandfilter på samma sätt som torvbädden, dvs. som ett mekaniskt filter. Till sandens nackdelar hör att det är svårt att hitta på någon användning för sanden när filtret slammar igen och sanden måste bytas. Fördelen med sand jämfört med torv är att sanden i sig själv inte avger näringsämnen eller färg.

Tekniken är densamma som vid torkning med hjälp av torv, dvs slammet pumpas till en sandbädd, där diametern på sandkornen minskar ju längre ner man går i bädden. Det renade vattnet leds ut via täckdikningsrör under sandbädden.

2.6 Biologisk rening

I och för sig passar rening med hjälp av alger eller växter bra för spillvatten från fiskodlingar, eftersom belastningen är liten på vintern då när algerna inte växer. Problemet är att eftersom vattnen är relativt kalla i Finland, så blir tillväxten per ytenhet liten, vilket gör att det behövs stora odlingsytor och insam-

lingen av algerna eller växterna blir arbetsdryg.

I Saltvikens Fiskodling i Sverige som är en varmvattenodling prövades bla år 1984 rening med hjälp av alger. De använda algerna var grönalgen *Ulva lactuca* samt brunalgen *Ascophyllum nodosum*. Näringshalterna i vattnet från fiskodlingsbassängerna (det vatten som leddes till reningsbassängen) var rätt höga: fosfatfosforhalterna 33 - 180 µg/l, ammoniumkvävehalterna 200 - 1065 µg/l samt nitratkvävehalterna 14 - 168 µg/l. Efter reningsbassängen var motsvarande värden 10 - 85 µg/l, 35 - 60 µg/l samt 18 - 130 µg/l. För fosfatfosfor var reduktionsgraden vid större delen av mätstillfällena mer än 50 % och i flera fall högre. Motsvarande reduktionsgrad fick man även för nitratkväve. För ammoniumkväve varierar reduktionsgraden mellan 50 och 90 %. Den högsta reduktionsgraden uppnåddes i september (Persson 1985).

Puustinen & Lindqvist (1982) gjorde ett försök att minska på näringsbelastningen genom att 'skörda' vattenväxter från sedimenteringsbassängen, samt området nedanför en fiskodling. Växternas näringshalt är beroende av vattnets näringshalt. De högsta näringshalterna i *Elodea* växterna, angivet i procent per torrsvikt var 6.1 % för kväve och 1.42 % för fosfor. Maksimibiomassan var 100 000 kg/ha i våtsvikt och 5000 kg/ha i torrsvikt. I försöket varierade fosforhalten i sedimenteringsbassängen mellan 59 - 120 µg/l och kvävet mellan 630 - 1007 µg/l. I försöket skördades endast vattenpest.

Genom att ta tillvara växterna från 1 m² stora provytor kom man till att från det 1.5 ha stora provområdet skulle man kunna tillvarata 100 kg fosfor och 520 kg kväve under tiden maj-juli. Räknat per ha blir det alltså 67 kg P/ha samt 347 kg N/ha. Genom att skörda flera gånger per sommar och också ta tillvara andra växter än vattenpest kunde man öka reningsprocenten. Perifyton (vars andel av biomassan och näringshalten kan vara betydande) på växternas yta tvättades inte bort. Växternas biomassa var relativt stor, jämfört med värden i litteraturen, vilket kan bero på att vattenpest just höll på att sprida sig på området varvid tillväxten var stor.

Sänkbladsväxter s.s vattenpest passar bäst för detta ändamål i.o.m

att de tar en stor del av näringen från vattnet och inte från sedimentet. Dessutom tål de avskärning bra.

För tillfället torde dock rotzonreningsanläggning vara den enda biologiska metod som är möjlig att använda i praktiken. I denna metod rinner vattnet genom en jordbassäng i vilken det växer vattenväxter. I jordlagret och på vattenväxternas rötter lever mikrober som bryter ner organism material och använder näringsämnen i vattnet. Vattenväxternas rötter bidrar till att förhållandena i marken är aeroda.

3. ÖSTRA FINLANDS CENTRALFISKODLINGSANSTALT

3.1 Allmänt

Östra Finlands Centralfiskodlingsanstalt är en modern fiskodlingsanläggning som ligger ca 30 km norr om Nyslott och blev färdig hösten-88. Dess uppgift är att producera sättfisk samt rom för Vuoksen vattendraget. Vattendomstolens tillstånd ger lov till att per år använda 60 000 kg torrfoder, fosforutsläppen får ej vara större än 250 kg samt fiskarnas totala biomassa 33 000 kg. Hela fiskodlingen har kostat ca. 80 milj. MK varav vattenreningsanläggningarna står för ca. 10 %.

Vattenåtgången är ca. 800 l/s. Vattnet tas från sjön Ylä-Enonvesi, varifrån man kan ta både ytvatten och vatten från bottnet via två olika rör. I nödfall kan man också ta vatten från bottnet av Pahkajärvi. Efter att vattnet har använts en gång, går det via en kaskad för att syrsättas och används en gång till på det nedre utomhusområdet. Det använda vattnet leds till sedimenteringsbassängerna, varifrån allt vatten samlas i en kanal och rinner ut i Enonvesi. Provet på fiskodlingens spillvatten tas ur denna kanal.

Matningen av fiskarna sköts till största delen för hand. Fiskyngelhallen är dock försedd med automatiska matningsmaskiner.

Fiskodlingen kan utgående från spillvattenreningen indelas i 4 områden: fiskyngelhallen (F), avelsfiskhallen (A), övre utomhusområdet (ÖU) samt nedre utomhusområdet (NU). På bild 12 syns en

plan över fiskodlingen. De viktigaste byggnaderna och områdena är utmärkta med bokstäver eller siffror enligt följande:

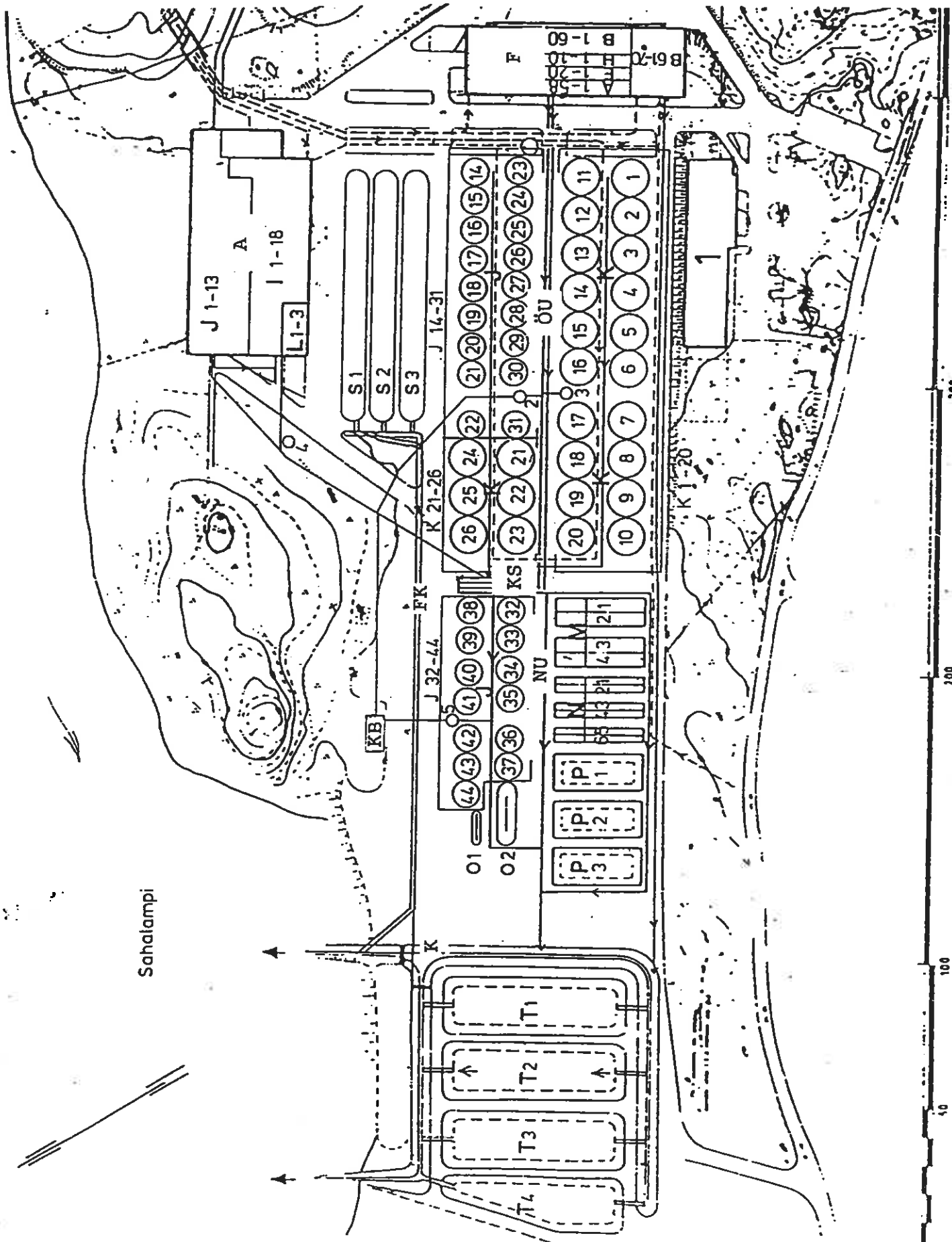


Bild 15. Östra-Finlands Centralfiskodlingsanstalt

F-fiskyngelhallen
 A-avelsfiskhallen
 ÖU-övre utomhusområdet
 NU-nedre utomhusområdet
 KS-kaskad
 T-sedimenteringsbassängerna
 K-kanal
 FK-fiskarnas frigöringskanal
 KB-kalkningsbyggnaden
 1-virvelseparator 1
 2-virvelseparator 2
 3-virvelseparator 3
 4-virvelseparator 4
 5-virvelseparator 5

Största delen av bassängerna är runda självrenande bassänger av glasfiber eller betong, som är försedda med en bottenventil genom vilken uppsamlat slam leds till de olika virvelseparatorerna. På grund av kostnadsskäl är systemet för insamling av slam inte planerat så som det borde, d.v.s. med konstant flöde till virvelseparatorerna.

För slaminsamling finns det dessutom ett undertryck sugsystem, med vilket det är meningen att bassängerna skall tvättas varannan vecka. Tvättvattnet samt slammet från bassängerna behandlas med kalk i kalkningsbyggnaden (KB). Med kalkningen strävar man till att förbättra sedimenteringsresultatet, stabilisera slammet, samt binda den i vattnet lösta fosforer. Det kalkade slammet sedimenterar över natten i en sedimenteringsbassäng, vars volym är 50 m³. Hela slambehandlingen är automatiserad. Det enda som måste göras manuellt, är tömningen av slammet från virvelseparatorerna.

Det är inte ännu beslutet hur slammet kommer att torkas, men sommaren -89 torkades slammet på en slamtorkbädd av torv.

3.2 Vattenförsörjning

Östra Finlands Centrafiskodlingsanstalt tar största delen av sitt vatten från sjön Ylä-Enonvesi. Det är möjligt att ta vatten både från ytan och från botten. Vattnet kommer till fiskodlingen via

en ca. 1 km lång bergstunnel. Fallhöjden är ca. 5 meter. Fiskodlingen har rätt att reglera Ylä-Enonvesi, men via Enonkoskis regleringsdamm måste det alltid rinna minst 0.1 m³/s. Ylä-Enonvesis medelvattenföring är endast 2.2 m³/s. Övre gränserna för hur mycket vatten fiskodlingen får använda per dag är:

November-April	0.67 m ³ /s
Maj-Juni	0.76 m ³ /s
Juli-September	0.87 m ³ /s
Oktober	0.72 m ³ /s

Det är också möjligt att ta kallt vatten via ett rör från bottnet av Pahkajärvi, men lovet är endast 50 l/s.

Sjöarnas läge är framlag på bild 13.

För att mäta det inkommande vattnets strömning, har det installerats ultraljudflödesmätare.

Det använda vattnet leds till sättningsbassängerna (S), varifrån allt vatten samlas i en kanal och rinner ut i Enonvesi. Provet på fiskodlingens spillvatten tas ur denna kanal (K). Det rena vattnet från virvelseparatorerna 4 och 5 leds ut direkt i fiskarnas frigöringskanal (FK), via två skilda rör vilket försvårar vattenkvalitetskontrollen.

Varje fiskodlingsbassäng har egen vattentillförsel. Efter att fiskyngelhallen, avelsfiskhallen samt övre utomhusområdet har använt vattnet en gång, syrsätts det i en kaskad och används en gång till på det nedre utomhusområdet. Vattnet behöver alltså inte pumpas i något skede, utan hela systemet är byggt för att fungera med gravitationskraft. Vid behov, (tex. varma sommardagar) är det är möjligt att syrsätta 10 % av det inkommande vattnet.



Bild 13. Sjöarnas lägen samt tillrinningsområden.

I kläckeriet finns det dels en värmeväxlare för uppvärmning av det inkommande vattnet och dessutom kan vattnet cirkuleras, varvid det går genom en sedimenteringsbassäng, sandfilter, desinfieras med UV och syrsätts. Värmeväxlaren tar sin energi från kommunens fjärrvärmenät, samt från det utgående vattnet. Fiskodlingen har också en egen karantänavdelning, där det utgående vattnet desinfieras.

3.3 Produktion

Produktionen består av sättfisk för Vuoksen vattendraget, samt hållande av avelsfiskar för produktion av rom. Odlade arter är insjölox, öring, harr, röding samt sik. Målet är att per år producera 400 000 årsgamla laxfiskar, 100 000 st 2-åriga laxfiskar, 49 milj. st romkorn av sik samt 9 milj. st romkorn av övriga laxfiskar. Tillväxten per år blir alltså 20 000 - 25 000 kg.

År 1988 var tillväxten ca. 14 000 kg.

De givna vattenförings och foderanvändnings värdena, baserar sig på den av Sumari uppgjorda odlingsplanen.

3.4 Vattenreningsanläggningarna

3.41 Virvelseparatorerna

3.411 Virvelseparator 1, Fiskyngelhallens spillvatten

Alla bassänger i fiskyngelhallen är självrenande runda glasfiberbassänger, vilket betyder att slammet samlas i mitten av bassängerna. Alla bassänger är försedda med bottensikt. I fiskyngelhallen används torrfoder. A-bassängerna används som startbassänger och eftersom man antog att det slam som kommer från dessa bassänger är så fint att det inte fastnar i virvelseparatorn, så leds allt vatten via bottnet direkt till sedimenteringsbassängerna. Från B-bassängerna leds allt vatten via bottnet direkt till virvelseparator 1. E- och H-bassängerna är försedda med avledning via ytan från mitten av bassängen via ett rör som samtidigt reglerar bassängens vattenyta. Slammet töms till virvelseparator 1 ($\varnothing=4$ m, $Q_{\max}=67$ l/s) via en bottenventil.

A-bassäng. 58 st,	Ø 1.62 m, foderåtgång 870 kg, Q_{tot} 17 l/s
B-bassäng. 60 st,	Ø 2.05 m, foderåtgång 2640 kg, Q_{tot} 60 l/s
E-bassäng. 20 st,	Ø 2.03 m, foderåtgång 1296 kg, Q_{tot} 30 l/s
H-bassäng. 10 st,	Ø 4.05 m, foderåtgång <u>3888</u> kg, Q_{tot} <u>40</u> l/s
	8694 kg 147 l/s

Från virvelseseparator 1 (bild 14) töms slammet genom att öppna en slidventil, varefter slammet med gravitationskraft rinner till slampumpbrunn 1, varifrån det pumpas till kalkningsenheten. Slammet töms i slampumpbrunnen via ett rör vars diameter är Ø 110 mm i alla virvelseseparatorer. I slampumpbrunnen finns två centrifugalpumpar. Med en pump är pumpningseffekten ca 10 l/s. Eftersom det fastnade slam på virvelseseparatorernas väggar, så tvättades virvelseseparatorerna varje vecka med en lång borste.

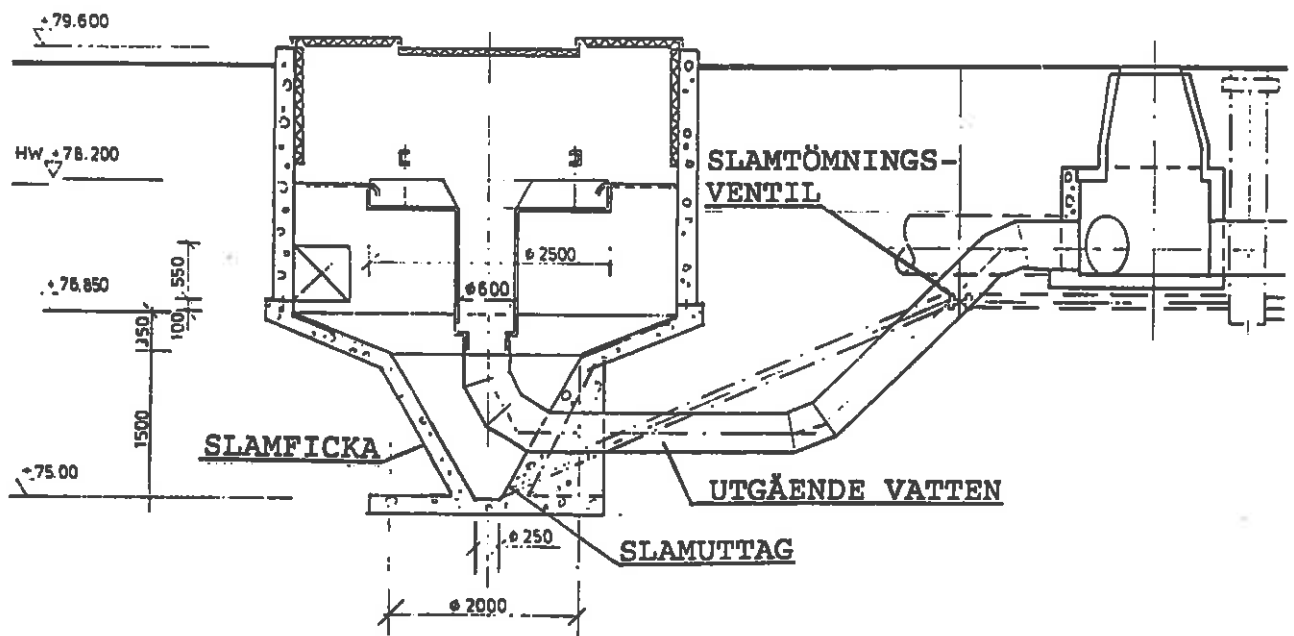


Bild 14. Virvelseseparator 1.

3.412 Virvelseparator 4, Avelsfiskhallens spillvatten

Även avelsfiskhallens bassänger är självrenande glasfiber bassänger, men botten är av betong. Vattnet avleds från ytan via ett rör som samtidigt reglerar vattenytan. I avelsfiskhallen används närmast torrfoder men också lite semimoist. Bassängerna töms på slam till avelsfiskhallens virvelseparator 4 ($\varnothing=2.5$ m, $_{\max}=23$ l/s) via en bottenventil.

I-bass.	18 st,	$\varnothing$ 6 m,	foderåtgång	10 512 kg,	Q_{tot}	108	l/s
J-bass.	13 st,	$\varnothing$ 9 m,	foderåtgång	3 500 kg,	Q_{tot}	104	l/s
L-bass.	3 st,		foderåtgång	<u>600</u> kg,	Q_{tot}	<u>72</u>	l/s
5.2x5.8 m ² ,							
				14 612 kg		284	l/s

Från virvelseparator 4 (bild 15) töms slammet också genom att öppna en slidventil, varefter slammet rinner till slampumpbrunn 2, varifrån det pumpas till kalkningsenheten. I slampumpbrunn 2 finns också 2 centrifugalpumpar och pumpningskapaciteten med en pump är ca 10 l/s.

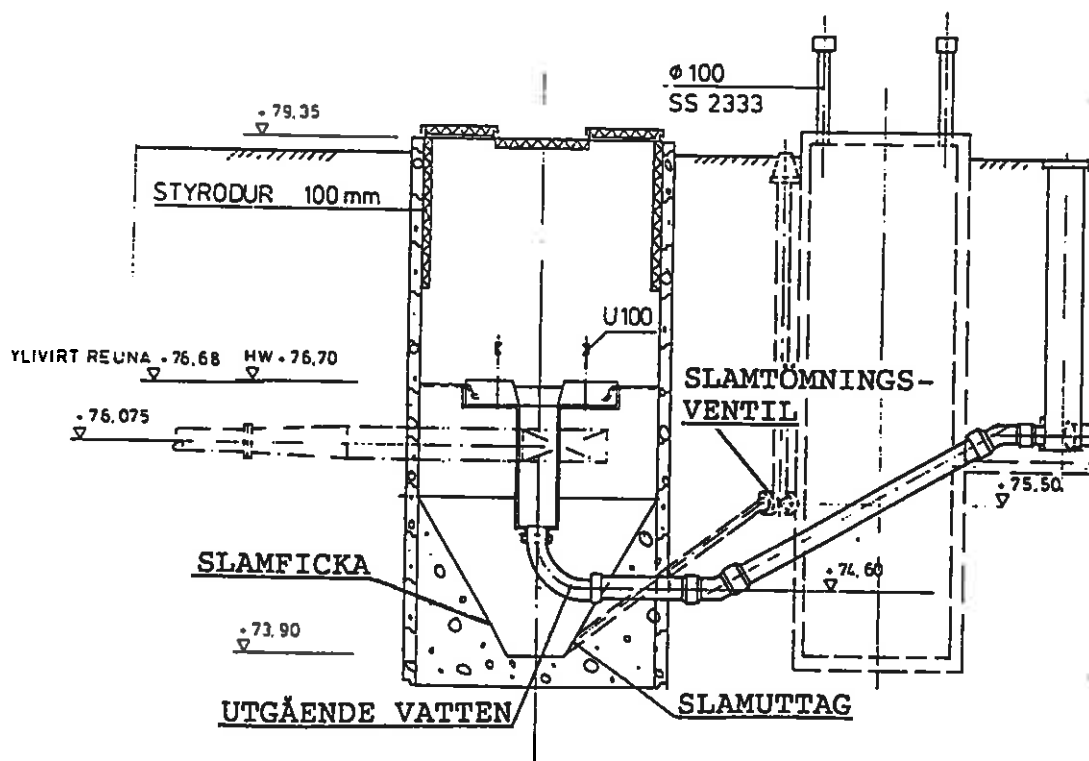


Bild 15. Virvelseparator 4.

3.413 Virvelseparatorerna 2 + 3, Övre utomhusbassängernas spillvatten

På det övre utomhusområdet skulle det enligt de ursprungliga odlingsplanen användas färskfoder och nedanstående fodermängder gäller alltså färskfoder. Dessa bassänger är självrenande bassänger av betong. Bassängerna är försedda med bottensikt och avledningen av vattnet sker via ytan. Bassängernas slamfickor töms till virvelseparatorn via en bottenventil. På området finns två stycken virvelseparatorer. Till virvelseparator 3 ($\varnothing=2.5$ m, $Q_{\max}=22$ l/s) är 20 st. bassänger med diametern 12 m. kopplade och till virvelseparator 2 ($\varnothing=2.5$ m, $Q_{\max}=25$ l/s) allt som allt 24 bassänger, 6 st bassänger med diametern 12 m. samt 18 st bassänger med diametern 9 m.

J-bass. 18 st, $\varnothing$ 9 m, foderåtgång 9 600 kg, Q_{tot} 149 l/s

K-bass. 26 st, $\varnothing$ 12 m, foderåtgång 20 400 kg, Q_{tot} 320 l/s

30 000 kg 469 l/s

Från virvelseparatorerna 2 + 3 likadana som virvelseparator 4 töms slammet precis som från virvelseparator 1 och rinner till samma slampumpbrunn 1, varifrån det pumpas till kalkningsenheten.

3.414 Virvelseparator 5, Nedre utomhusbassängernas spillvatten

Också på det nedre utomhusområdet skulle det enligt den ursprungliga odlingsplanen användas färskfoder. J-bassängerna är självrenande av betong och fungerar precis som på övre utomhusområdet. De är kopplade till virvelseparator 5 ($\varnothing=2.5$ m, $Q_{\max}=11$ l/s). M- och N-bassängerna är raceway bassänger av betong, varifrån slammet samlas upp med hjälp av undertrycksugsystemet. O-bassängerna som är av betong, typ Kingfisher, byggdes närmast i experiment syfte och slammet suggs upp på samma sätt som från M- och N-bassängerna. P-bassängerna är vanliga jordbassänger.

J-bassäng. 13 st, $\emptyset$ 9 m,	foderåtgång 2350 kg,	Q_{tot} 108 l/s
M-bassäng. 4 st, 5×30 m ² ,	foderåtgång 3200 kg,	Q_{tot} 140 l/s
N-bassäng. 6 st, 2.5×30 m ² ,	foderåtgång 1175 kg,	Q_{tot} 105 l/s
01- 02-bass. 3x11 m ² och 4.5x20.5 m ²	foderåtgång 1000 kg,	Q_{tot} 40 l/s
P-bassäng. 3 st, 12×30 m ² ,	foderåtgång <u>6840</u> kg,	Q_{tot} <u>300</u> l/s
	14565 kg	693 l/s

Från virvelseparator 5 (likadan som virvelseparator 4 se bild 15) töms slammet via en slidventil, varefter slammet rinner med gravitationskraft till en slambrunn, därifrån ett vakuumrör från undertryck sugsystemet suger det till kalkningsbassängen.

3.42 Undertryck sugsystem för tvättning av bassängerna

Bassängerna på de båda utomhusområdena kan tvättas genom att suga upp slammet från botten av bassängerna, med hjälp av ett undertryck sugsystem. Den planerade sugeffekten är 4 l/s. Tvättningen är planerad att ske varannan vecka.

I praktiken fungerar undertryck sugsystemet så, att varje bassäng är försedd med ett uttag vart sugmunstycket kopplas fast och två 11 kW undertryckspumpar suger slammet via en tryckledning ($\emptyset$ 110 mm), till någon av de två undertrycks-tankarna. När den ena undertryckstanken är full, töms den till kalkblandningsbassängen och den andra undertryckstanken börjar fyllas med nytt tvättvatten.

3.43 Kalkning av tvättvatten samt slam från bassängerna

I Vattendomstolens tillstånd sägs det att tvättvattnen från bassängerna måste behandlas kemiskt. Eftersom det färskt slammet från virvelseparatorerna luktar, beslöt man att använda kalk som avfällningskemikalie. Kalk är lätt att använda samt stabiliserar slammet, samtidigt som det höga pH (över 11) dödar bakterierna och tar bort lukten. Till dess dåliga sidor hör dock kalksten som bildas i rör och pumpar.

Allt slam- och tvättvatten som bildas under en dag avfälls med vattenverkskalk (ca. 2 kg Ca(OH)_2 / m³ vatten). Kalket förvaras i en 500 l silo, varifrån det pumpas med en skruvpump till en kalk-

mjölks blandare, varefter kalkmjölken rinner ner i en 4 m³ stor blandningsbassäng, där den blandas med slam- och tvättvattnet med hjälp av en mekanisk blandare. Efter blandningen pumpas det kalkade slam- och tvättvattnet sedan över till sedimenteringsbassängen, vars volym är 50 m³ och som har formen av en kon. Det kalkade slam- och tvättvattnet får stå och över natten och på morgonen pumpas det klara vattnet från ytan ut i Sahalampi, med hjälp av en ned-sänkbar pump. När pumpen når slamytan stängs ventilen till avloppsröret ut i sjön och slammet pumpas med samma pump över till en slambrunn. Alla pumpar och behandlingen av slammet är automatiserade, men kan också köras för hand.

Systemets svaga punkt är att det är svårt att uppifrån bedömma när pumpen når slammet.

3.44 Sedimenteringsbassängerna

Allt vatten går genom sedimenteringsbassängerna förrän det leds ut i sjön. Sedimenteringsbassängerna är beklädda med natursten så de är relativt lätta att tvätta. Tvättningen planeras att ske vid slutet av odlingssäsongen.

3.45 Torkning av slammet

Sommaren-89 torkades slammet från kalkningen på VAPO:s flyttbara torvbädd vars mått var 2x5 m². Torvlagret var 20-30 cm tjockt. Slammet blandades med torvens ytlager av en maskin som rörde sig automatiskt på bädden och dessutom rev sönder den hårda skorpa, som vanligen bildas då slammet på en torvbädd torkar. På bild 16 syns VAPO:s slamtorkbädd.

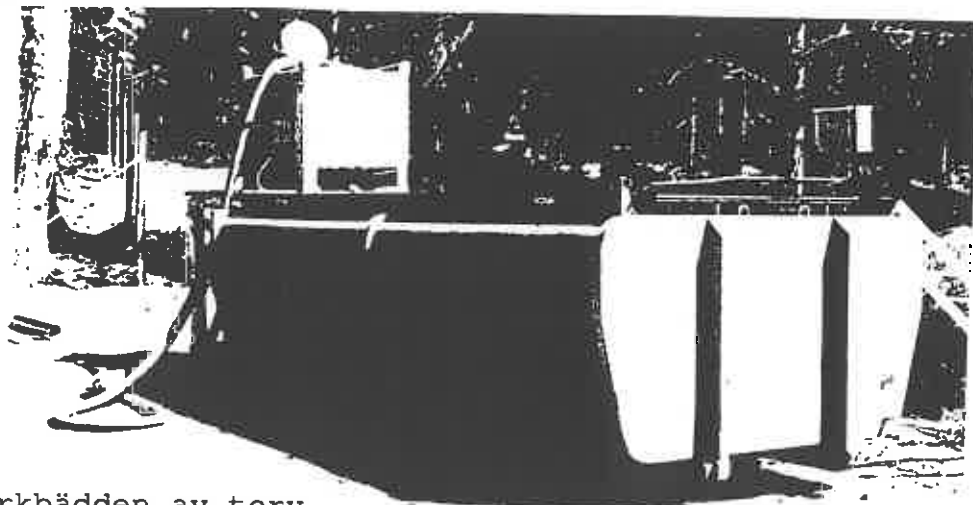


Bild 16. Slamtorkbädden av torv.

3.5 Beskrivning av recipienten

3.51 Hydrologi

Fiskodlingen tar sitt vatten främst från Ylä-Enonvesi (ca 700 -800 l/s) som via Enonkoski är i förbindelse med Sahalampi, vart fiskodlingen släpper ut sitt spillvatten. Också kommunens biologiska reningsverk som är en aktivslamanläggning för ca. 800 människor, släpper ut sitt avfallsvatten i Sahalampi. För tillfället planerar kommunen ett nytt avfallsvattenreningsverk som planeras vara färdigt hösten-90. Avståndet från fiskodlingen till det nya reningsverket skulle vara ca. 1 km nedströms. Från Sahalampi rinner vattenet via Latoselkä ut i Enonvesi. Både Sahalampi och Enonvesi hör till Stor-Saimen eftersom de är på samma vattennivå.

Ylä-Enonvesi är enligt Seunas (1971) vattendragsindelning nr. 4.29. Dess yta är 8.8 km², medeldjup 6.5 m, maximidjup 19.4 m samt volym 57 milj. m³. Lite vatten (ca 10 - 20 l/s) tas också från Pahkajärvi vars yta är 1.5 km², volym 18 km³, medeldjup 1.9 m samt maximidjup 18 m. Pahkajärvis medelvattenföring är uppskattningsvis 80 -90 l/s.

Sahalampi är en grund smal sjö vars yta är ca 0.2 km², volym 0.2 km³ och medeldjup 1 m. Sahalampis medelvattenföring är 2.2 m³/s. Mellan Ylä-Enonvesi och Sahalampi finns Latoselkä vars yta är 0.15 km², volym 0.1 km³ och medeldjup 0.67 m.

Sjöarnas läge är framlagt på bild 13 s. 43.

3.52 Limnologi

Enligt Granberg (1982) som undersökte sjöarnas produktion samt biomassa, var Ylä-Enonvesi lätt eutrofierad och också i Pahkajärvi hade primärproduktionen stigit något. Sahalampi var eutrofisk och Enonvesi var mest oligotrofisk.

I Sahalampi fanns det mera bottendjur än i de övriga sjöarna, vilket berodde på det för bottendjur fördelaktiga bottenet. Kräftdjuren Pontoporeia affini och Mysis relicta påträffades endast i Ylä-Enonvesi. Med bottendjursundersökningarna som grund var Enon-

vesi, Ylä-Enonvesi samt Pahkajärvi karga medan Sahalampi klart skiljer sig från de andra sjöarna.

Undersökningarna av vattenväxterna visade att Sahalampi tydligt var eutrofisk. Latoselkä som ligger mellan Sahalampi och Enonvesi var mycket eutrofisk. Tydligen hade de eutrofierats av kommunens biologiska reningsverks avloppsvatten. Tecken på eutrofieringen var förekomsten av främst lemnider, samt att bottenbladsväxter inte fanns.

Övre gränsen för förekomsten av Isoetes, samt vårens istäckes (minimivattenstånd) nivå undersöktes också och det visade sig att Isoetes förekom enhetligt under istäckets nivå, vilket betyder att Isoetes kan användas bla. som indikator för skador förorsakade av regleringen av Ylä-Enonvesi.

Det är tydligt att Enonvesi är nära gränsen på den fosforbelastning som sjön tål, samt att Pahkajärvi enligt Vollenveiders och Dillons modell är mycket nära att förorenas. I synnerhet vid sommarskiktningens slut, är det möjligt att syreförekomsten i vattnets underskikt är så låg, att den förorsakar problem för fiskodlingen (Granberg 1982).

Regleringen av Ylä-Enonvesi inverkar på Enonkoskis vattenföring, vilket kan ha betydelse för dess fiskyngelproduktion. Enonkoskis fiskyngelproduktion beräknas till 75 st laxfiskar per år vilket kompenseras med utplantering av sättfisk.

4. RENINGSANLÄGGNINGARNAS FUNKTION I PRAKTIKEN SAMT FISKODLINGENS MASSBALANS

4.1 Allmänt

4.11 Analys- samt provtagningsmetoder

Provtagningen skedde under tiden 5.6 - 22.6.1989. Eftersom alla analyser utfördes i fiskodlingens laboratorium och dess analyseringskapacitet var begränsad, strävade man endast till att bestämma fosforbelastningen noggrant. Fosforbelastningen räknades

på två olika sätt. Dels med hjälp av massbalansräkning och dels med hjälp av fosforanalyserna på inkommande och utgående vatten. Fosforbelastningen som man räknade ut med hjälp av vattenanalyserna, var endast ca. hälften av den fosforbelastning man fick med hjälp av massbalansen. Detta tyder på att provet på det från fiskodlingen utgående vattnet inte var representativt, d.v.s det fanns för lite fosfor i vattenprovet.

För att räkna ut massbalanserna, räknade man först ut hur mycket fosfor det under den 17 dagar långa provtagningsperioden användas fodret innehöll. Med hjälp av fiskarnas tillväxt fick man sedan den mängd fosfor som hade bundits i fiskarna. Fosformängden i det slam som man fick tillvara från kalkningen mättes. Recipientens belastning fick man sedan med följande formel.

$$\text{Recipienten} = \text{Foder} - \text{Fisk} - \text{Slam}$$

Eftersom fiskarna endast vägdes regelbundet i fiskyngel- och avelsfiskhallen och det inte fanns tillräckligt med arbetskraft för att utföra extra vägningar, var bedömningen av tillväxten ett problem. Bedömningen försvårades ytterligare av att det odlades 5 olika fiskarter i fem olika årsklasser, som alla växte olika snabbt. Enligt fiskodlingens fiskmästare, var enda möjligheten att bedöma fiskarnas tillväxt under provtagningsperioden, att följa med foderåtgången samt räkna ut tillväxten med hjälp av de foderkoefficienter som fiskodlarna gav.

Den totala fosfor i det till fiskodlingen inkommande och utgående vattnet, vattnet från slamtorkbädden av torv, utgående vattnet från kalkningen av slammet, samt den totala fosformängden i det kalkade slammet som pumpades till torvbädden analyserades varje dag.

Det var meningen att BOD₇- och kvävebelastningen skulle räknas ut med hjälp av analyserna på inkommande och utgående vatten. BOD₇ analyserna utfördes varje dag, förutom några dagar i slutet av provtagningsperioden, medan kväveanalyserna endast kunde göras i medeltal varannan dag. Beräkningen av BOD₇- och kvävebelastningen

misslyckades, i.o.m att provet på det utgående vattnet inte var representativt. Vissa dagar var kväve- och BOD₇-halten t.o.m större i det till fiskodlingen inkommande vattnet, än i det utgående vattnet.

Torrsubstansen i slammet från kalkningen och samtliga virvelseparatorer mättes varje dag, genom att torka ett 200 ml:s slamprov i 105 °C. Dessutom analyserades fosforhalten i slammet från kalkningen varje dag. Det fanns ej möjlighet att analysera fosforhalten i slammet från virvelseparatorerna varje dag, men några stickprov gjordes.

Provet på det inkommande vattnet togs som blandprov med en vattenprovtagningssmaskin gjord av Rimet. Maskinen bestod av en liten kolvpump vars slaglängd och -frekvens kunde regleras. Pumpen pumpade vattenprovet till en intäckt och nerkyld metallbehållare. Provet togs från samma ställe varifrån fiskodlingen också tidigare tagit provet på det inkommande vattnet, d.v.s från rännan för det inkommande vattnet i fiskyngelhallen. Det dagliga blandprovets volym var ca 15 liter. Provet på det utgående vattnet från fiskodlingen togs också som blandprov med en UFA 300 vattenprovtagningssmaskin. Provtagningsstället var en betongkanal som var 1.2 m. bred och vattendjupet 1.5 m. Provtagningsstället var 1/2 h. och volymen på varje delprov 1/2 l. Blandprovet samlades i en intäckt 30 liters plastkanister som tömdes varje dag på förmiddagen, precis som provet på det inkommande vattnet. Det fanns dock ej möjlighet att kyla ner det utgående vattnet. För fosforanalyserna fixerades ett 100 ml:s prov med saltsyra, för BOD₇-analyserna frystes ett halv liters prov och kväve analyserna gjordes alltid i tre dagars satser, så att provet aldrig var mera än tre dagar gammalt. Analyserna utfördes i fiskodlingens eget laboratorium.

Ur slamvattnet som kom från virvelseparatorerna, bestämdes den egentliga slammängden med hjälp av Imhoffglaset. Sedimenteringstiden var 1/2 h. Reningsresultaten i form av insamlad slammängd angivet i liter användes dock ej, eftersom de skulle ha gett en felaktig bild av reningsresultatet. Detta berodde på att slammet främst från utomhusområdets virvelseparatorer hade dåliga sedimenteringsegenskaper. Detta ledde till att slammängden verkade vara stor, fast torrs substansen i själva verket var rätt låg.

Om man jämför slammets sedimenteringsresultatet, testat med Imhoffglaset, visar det sig att man i andra undersökningar fått större värden för torrsubstansen/ml sedimenterat slam. Mäkinen (1987) fick resultatet 0.1 g TS/ml sedimenterat slam för kalkat slam. Selänne & Lindgren (1984) fick resultatet 0.068 g TS/ml sedimenterat färskt slam. Motsvarande värden för slammet som man fick tillvara från virvelseparatorerna på Östra-Finlands Centralfiskodlingsanstalt var i medeltal 0.024 för fiskyngelhallens virvelseparator, 0.057 för avelsfiskhallen, 0.021 för övre utomhusområdet samt 0.052 för nedre utomhusområdet. Enligt dessa värden skulle alltså slammets sedimenteringsegenskaper vara sämre, än i Mäkinens och Selännes & Lindgrens undersökningar.

4.12 Fiskodlingens foderkoefficient

Man försökte bestämma de 4- och 5-åriga avelsfiskarnas foderkoefficient på utomhusområdet, genom att efter den egentliga provtagningsperioden under tiden 11.7 - 17.8 följa med foderåtgången, samt väga fiskarna före och efter i två bassänger med följande fiskarter:

antal	art	ålder	biomassa före/efter (kg)		foder- åtgång	foder- koeff. (kg)	foder
225	öring	4	283.3	342.6	83.3	1.40	torr
92	insjölox	5	268.4	248.6	40.6		torr

För de 4-åriga öringarna fick man foderkoefficienten 1.4, medan det visade sig att de 5-åriga insjöloxarna hade gått ner i vikt. Detta berodde enligt Antti Soivio (muntlig information), uppenbarligen på att insjöloxen slutar äta ca. 3 månader före den leker. Det kan dock verka som om den skulle äta fodret som slängs i bassängen, men detta beror endast på att den av nyfikenhet tar pelleten i munnen för att sedan spotta ut den vid bottnet.

Resten av foderkoefficienterna som har använts, fick man av fiskodlarna. Foderkoefficienterna varierade mellan 1.2 - 1.9. Det bör dock påpekas att foderkoefficienterna inte var exakta, utan endast riktgivande eftersom man endast följde med fiskarnas tillväxt regelbundet i fiskyngelhallen och delvis i avelsfiskhallen.

4.13 Fodrets och fiskarnas fosfor- och kvävehalter

Fodrets fosfor- och kvävehalter grundar sig helt på tillverkarens uppgifter, eftersom det inte fanns möjlighet att analysera fodrens fosfor- eller kvävehalter i fiskodlingens laboratorium. Som fosforhalt för färskfodret (nors), har använts 0.4 % och som kvävehalt 2.6 %. För semimoist fodret räknade man ut foderhalten med hjälp av varudeklarationerna för de råämnen som användes. I tabell 5 finns de olika fodersorternas fosfor- samt kvävehalter som tillverkarna har angivit. Kvävet har man fått genom att dividera den av tillverkaren angivna råäggviteämneshalten med 6.25.

Tabell 5. Använda fodersorters fosfor- och kvävehalter.

foder			fosfor %	kväve %
Tess Elite Plus	0.3	(granulat)	1.2	8.5
Tess Elite Plus	0.6	"	1.2	8.5
Ewos Smoltti	4	"	1.3	8.2
Tess Elite Plus	2.5	(pellet)	1.1	7.2
Tess Elite Plus	3.5	"	1.1	7.2
Ewos Forelli	3	"	1.1	7.4
Ewos Forelli	4	"	1.0	6.9
Tess Elite Ekstra	5	"	0.9	6.7
Ewos M-Forelli	6	"	0.85	6.6
Tess Elite Ekstra	7	"	0.9	6.7
Vaasan Forelli	9	"	1.2	8.0
Tess Elite Ekstra	10	"	0.9	6.7
Semimoist			0.8	5.0
Nors			0.4	2.6

Analyser på fiskarnas fosforhalt gjordes ej, utan värdet togs direkt ur litteraturen se sida 11. För fiskarna användes 0.4 % som värde för fosforhalten.

4.2 Reningsanläggningarnas massbalanser samt renings-effekter

I beskrivningen av virvelseparatorerna används begreppen slamvatten samt slam. Med slamvatten förstås här det vattenblandade slam som kommer från virvelseparatorerna eller fiskodlingsbassängernas slamfickor. Med slam förstås den slammängd som bildas då de fasta partiklarna i slamvattnet sedimenterar.

Reningsprocenten har i detta fall angivits som reduktionen av den egentliga fosforbelastningen, som annars skulle ha belastat recipienten. Det mindre värdet inom parentes anger hur stor procent av fodrets totala fosformängd man fick tillvarataget. Resultaten för alla virvelseparatorer finns i tabell 10 (s. 57).

För att kunna ge ett reningsresultat per använt kg torrfoder, måste semimoist fodret, samt det färska fodret (nors) omvandlas till torrfoder. Detta skedde med hjälp av fodrets fuktighetsprocent, som hos torrfodret var 10 %, semimoist 38 % samt norsen 76 %. Man bedömde att 15 % av semimoist fodret går förlorat, p.g.a att det smulas sönder innan fiskarna hinner äta det. Om man beaktar detta, får man att 1 kg semimoist motsvaras av 0.59 kg torrfoder. Norsen användes som hel, vilket betyder att foderspillet var lika stort som för torrfodret. Man kom till att 1 kg nors motsvaras av 0.26 kg torrfoder. Detta skulle betyda att fosforbelastningen skulle bli 10 - 20 % större med semimoist eller färsk foder än med torrfoder.

För att få reda på hur insamlandet av fosfor fördelade sig på de olika virvelseparatorerna, analyserade man den tillvaratagna fasta substansen varje dag ur de 5 virvelseparatorerna, samt tog några stickprov på torrsubstansens fosforhalt. Med hjälp av dessa bedömdes de olika virvelseparatorernas procentuella andel, av den fosformängd man fick från kalkningen av slamvattnet.

Man var tvungen att delvis korrigera den insamlade slammängden från fiskyngel- och avelsfiskhallen, eftersom det tydligt syns i resultaten att det fanns gammalt slam kvar i fiskyngelhallens och avelsfiskhallens virvelseparatorer, fastän man försökte tvätta dem före provtagningsperioden.

4.21 Fiskyngelhallens virvelseparator

Dimensionerande vattenföringen för fiskyngelhallens virvelseparator var 67 l/s. Dess diameter var 4 m. Alla bassänger i fiskyngelhallen var självrenande glasfiberbassänger med bottensikt. Till fiskyngelhallens virvelseparator kom allt vatten från B-bassängerna, som var försedda med avledning via bottnet och vars sammanlagda vattenföring var ca 50 l/s. Dessutom leddes överströmningsvattnet, ca. 10 l/s, från rännan för det inkommande vattnet till virvelseparatorn. E- och H-bassängerna var försedda med en bottenventil, genom vilken det uppsamlade slammet kunde tömmas till virvelseparatorn. Vattnet leddes annars ut via ett rör från ytan i mitten av bassängen. Allt slamvatten från fiskbassängerna leddes till en uppsamlingsränna och därifrån till virvelseparatorn. Tömningen av slammet från E- och H-bassängerna fungerade inte särskilt bra, eftersom man inte fick tillräckligt med sug i röret till uppsamlingsrännan.

På grund av ett missförstånd tömdes alla E- och H-bassänger under provtagningsperioden på en gång på morgonen, vilket för en stund förorsakade överbelastning i virvelseparatorn och försvagade reningsresultatet. Fördelen med detta system var dock att uppsamlingsrännan för slamvattnet i fiskyngelhallen sköljdes. Rännan var nämligen så bred, att om man endast tömde en bassäng åt gången, så var vattenföringen så liten, att en del av slammet sedimenterade på rännans botten. Dessutom var rännan så lågt nere i förhållande till virvelseparatorn, att rännan aldrig tömdes helt och hållet utan slamvattnet blev och stå i rännan.

Fiskyngelhallens virvelseparators effekt mättes genom att dagligen ta ett prov på slammet från slampumpbrunnen, vars diameter var 1.5 m. Före slammet från virvelseparatorn släpptes till slampumpbrunnen, pumpades den så tom som möjligt och nivån i brunnen mättes (vanligen 10 -20 cm). När virvelseparatorn hade tömts till slampumpbrunnen mätte man på nytt nivån i slampumpbrunnen, (ca 0.6-0.9 m) och på detta sätt fick man volymen på slamvattnet som tömdes från virvelseparatorn (ca 0.6-1.2 m³). Man tog några slamvattenprov ur slampumpbrunnen och proven blandades om i ett ämbar. Från ämbaret togs ett prov i en 2 liters plastflaska och torrsubstansen analyserades samma dag. Eftersom de tyngsta partiklarna snabbt

sjönk till botten, var det svårt att få ett representativt prov ur slampumpbrunnen.

Slamvattnet från virvelseparatorn tömdes till slampumpbrunnen via en slidventil som det tog ca. 10 sekunder att öppna helt och hållet. Detta ledde till att det kom mycket onödigt vatten med slammet, eftersom ventilen måste öppnas helt och hållet för att man skulle få slammet i rörelse ordentligt. Ventilen hölls öppen ca 40 s. varvid det kom ca. 0.8 m³ slamvatten ur virvelseparatorn. Efter som slamvattnet från virvelseparatorn var så vattnigt (ibland under 0.5 g TS/l varvid TS ej analyserades), så tömdes fiskyngelhallens virvelseparator inte varje dag, utan endast 13 gånger under den 17 dagar långa provtagningsperioden.

Slamvattnet innehöll i medeltal 1.7 g torrrsubstans/l. Den totala fosforhalten i slamvattnet, angivet per torrrsubstansen var enligt resultatet från två analyser 21.5 och 21.3 mg fosfor/g torrrsubstans. I en liter slamvatten fanns det alltså 36.4 mg fosfor.

I fiskyngelhallen användes det 220.5 kg torrfoder under hela provtagningsperioden. Fiskodlarna uppgav att foderkonstanten var 1.3. Tillväxten räknat med hjälp av foderkonstanten var alltså 169.6 kg.

I medeltal tog man tillvara 57.7 g fast substans, samt 1.2 g fosfor per kg använt torrfoder. Detta betyder att belastningen per producerat kg fisk var 10.2 g fosfor. Reningsprocenten för fosfors del var 16.1 %.

För att kontrollera hur tömningen av E- och H-bassängerna inverkar på reningsresultatet, analyserade man efter provtagningsperioden, under fyra dagars tid torrrsubstansen i slammet från fiskyngelhallens virvelseparator. Under denna tid tömdes E- och H-bassängerna en åt gången, varvid virvelseparatorn fungerade mycket bättre. Reningsprocenten under denna tid var ca. 30 %, varvid belastningen skulle vara 6.4 g P/prod.kg fisk och 8.3 g P/kg foder.

I tabell 6 har man räknat ut fiskyngelhallens massbalans.

Tabell 6. Fiskyngelhallens massbalans

	+foder	- fisk	- slam från	= belastning vs. 1
P _{tot} (g) 5.6-22.6	2681	678	272	1731
P g/kg foder	12.2	3.1	1.2	7.9
P g/kg prod. fisk	15.8	4.0	1.6	10.2

4.22 Avelsfiskhallens virvelseparator

Dimensionerande vattenföringen för avelsfiskhallens virvelseparator var 23 l/s. Virvelseparatorns diameter var 2.5 m.

I avelsfiskhallen var alla bassänger självrenande glasfiberbassänger med betongbotten, med avledning från ytan i mitten av bassängen och bottensikt. Slamvattnet tömdes till virvelseparatorn via en klaffventil från bassängens slamkopp i mitten bassängen, från en bassäng åt gången.

Tömningen gick till så att man först öppnade ventilen helt i ca. 5 sekunder för att få slammet i rörelse, varvid vattenföringen var 19 - 23 l/s. Sedan stängdes ventilen till hälften och hölls i detta läge i ca. 15 sekunder, varvid vattenföringen var 10 - 14 l/s. Sedan öppnades ventilen igen för ca. 10 sekunder, för att få bort det slam som eventuellt blivit kvar. Därefter väntade man ca. 30 sekunder innan man gick till följande bassäng. Slamvattnet från fisk-bassängerna leddes via ett 100 mm:s rör till virvelseparatorn och detta rör jämnade ut växlingarna i vattenföringen, så att vattenföringen till virvelseparatorn var jämn, åt-minstone med ögonmått mätt. På detta sätt fick man att vattenföringen till virvelseparatorn i medeltal var 7 - 9 l/s.

Provtagningen samt tömningen av slammet från avelsfiskhallens virvelseparator gick till på samma sätt som hos fiskyngelhallens virvelseparator, förutom att avelsfiskhallens virvelseparator tömdes varje dag.

Avelsfiskhallens virvelseparator fungerade bäst av alla virvelseparatorer, trots att det alltid blev översvämning i virvelseparatorn vid användningen. Detta berodde på att det utgående vattnet

leddes direkt ut i Saimen och vattnet var ovanligt högt i Saimen under provtagningsperioden. Detta ledde till att röret för det utgående vattnet inte drog ordentligt. Orsaken till att denna virvelseparator trots allt fungerade så bra, var uppenbarligen att slamvattnet som kom in i virvelseparatorn var färskt med goda sedimenteringsegenskaper. Fiskodlingsbassängerna var alltså verkligen självrenande, i motsats till bassängerna på utomhusområdet, där slammet uppenbarligen hann bli gammalt innan det kom till virvelseparatorn.

Varje dag togs det ut ca 0.8 m³ slamvatten ur virvelseparatorn. Slamvattnet innehöll i medeltal 3.7 g torrrsubstans/l.

Den totala fosforhalten i slamvattnet räknat per torrrsubstansen var enligt resultatet från fyra analyser 23.9, 22.8, 22.5 samt 28.8 mg fosfor/g torrrsubstans. Den totala fosforhalten i slamvattnet var alltså 90.6 mg/l.

I avelsfiskhallen användes det 547.4 kg torrfoder, 43.5 kg semi-moist samt 63.7 kg nors under provtagningsperioden. Omvandlat till torrfoder blir den använda fodermängden 589.6 kg torrfoder. Som foderkonstant uppgav fiskodlarna 1.4. Tillväxten räknat med hjälp av foderkonstanten var alltså 421.0 kg.

I medeltal fick man tillvara 136.1 g torrrsubstans, samt 3.33 g fosfor per kg använt torrfoder. Detta betyder att belastningen per producerat kg fisk var 6.2 g fosfor. Reningsprocenten för fosfors del var 43.0 %.

I tabell 7 har man räknat ut avelsfiskhallens massbalans.

Tabell 7. Avelsfiskhallens massbalans

	+foder	- fisk	- slam från vs. 4	= belastning
P _{tot} (g) 5.6-22.6	6252	1684	1966	2602
P g/kg foder	10.6	2.9	3.3	4.4
P g/kg prod. fisk	14.8	4.0	4.7	6.2

4.23 Övre utomhusområdets virvelseparatorer

Dimensionerande vattenföringen för övre utomhusområdets virvelseparatorer var 25 l/s resp. 22 l/s. Dessa virvelseparatorer var precis likadana som avelsfiskhallen virvelseparator. På övre utomhusområdet var alla fiskodlingsbassänger självrenande betongbassänger. Tömningen av bassängerna skedde på samma sätt som tömningen i avelsfiskhallen.

Vattenföringen från fiskbassängerna med bottenventilen halvöppen var 13 - 20 l/s. När ventilen var helt öppen var vattenföringen 28 - 32 l/s. Slamvattnet rann till virvelseparatorn via ett 200 mm tjockt rör, var växlingarna i vattenföringen hann jämna ut sig, så vattenföringen till virvelseparatorn var relativt jämn. Bottenventilerna i de fyra bassängerna som var närmast virvelseparatorn, öppnades aldrig mera än till hälften. Medelvattenföringen till virvelseparatorn var alltså 10 - 13 l/s. Provtagningen samt tömningen av övre utomhusområdets två virvelseparatorer 2 och 3, gick till på samma sätt som hos fiskyngelhallens virvelseparator och de tömdes till samma slampumpbrunn 1. Tömningen skedde 13 gånger under provtagningsperioden.

Vid tömningen togs det ut ca 0.6 m³ slamvatten ur vardera virvelseparatorerna. Tillväxten räknat med hjälp av foderkonstanterna var 453.6 kg. Slamvattnet innehöll i medeltal 1.7 g torrs substans/l. Fosforhalten i slammets torrs substans var enligt resultatet från två analyser 19.7 och 18.4 mg fosfor/g torrs substans. Den totala fosforhalten i slamvattnet var 32.3 mg/l.

På övre utomhusområdet användes det 703.7 kg torrfoder, 104.5 kg semimoist samt 117 kg nors under hela provtagningsperioden. Omvandlat till torrfoder blir den använda fodermängden 795.8 kg torrfoder. De 5-åriga modersfiskarna av insjöläx växte inte alls under provtagningsperioden. Deras andel av biomassan var ca 1/4. Foderkonstanterna för de 4-åriga modersfiskarna av insjöläx och insjööring var 1.2 resp 1.4. För resten av fiskarna användes foderkonstanten 1.4.

I medeltal fick man tillvara 38.5 g torrs substans samt 0.72 g fosfor per kg använt torrfoder. Detta betyder att belastningen per

producerat kg fisk var 14.9 g fosfor. Reningsprocenten för fosfors del var 7.8 %.

I tabell 8 har man räknat ut övre utomhusområdets massbalans.

Tabell 8. Övre utomhusbassängernas massbalans.

	+foder	- fisk	- slam från vs. 2+3	= belastning
P _{tot} (g) 5.6-22.6	9161	1814	571	6776
P g/kg foder	11.5	2.3	0.7	8.5
P g/kg prod. fisk	20.2	4.0	1.2	14.9

4.24 Nedre utomhusområdets virvelseparator

Dimensionerande vattenföringen för nedre utomhusområdets virvelseparator var 11 l/s. Den var dock likadan som avelsfiskhallens samt utomhusbassängernas virvelseparatorer, d.v.s diametern var 2.5 m., vilket betyder att virvelseparatorn borde fungera bra ännu vid en belastning på 25 l/s enligt de dimensioneringsvärden som Mäkinen (1982) gett.

Tömningen av bassängerna skedde på samma sätt som tömningen i avelsfiskhallen (se föregående sida). Vattenföringen med ventilen halvöppen var 10 - 12 l/s. När ventilen var helt öppen var vattenföringen 20 -22 l/s. Slamvattnet rann till virvelseparatorn via ett 200 mm tjockt rör, var växlingarna i vattenföringen hann jämna ut sig, så att vattenföringen till virvelseparatorn var relativt jämn. Medelvattenföringen till virvelseparatorn var alltså 7 - 9 l/s. Tömningen av nedre utomhusområdets virvelseparator, gick till på samma sätt som hos de andra virvelseparatorerna och utfördes 14 gånger under provtagningsperioden.

Vid tömningen togs det ut ca 0.6 m³ slamvatten ur virvelseparatorn. Slamvattnet innehöll i medeltal 2.3 g torrsbstans/l. Fosforhalten i slammets torrsbstans var enligt resultatet från två analyser 23.0 mg fosfor/g torrsbstans. Den totala fosforhalten i slamvattnet var 52.9 mg/l.

På nedre utomhusområdet användes det allt som allt 475.7 kg torrfoder, samt 147.8 kg nors under hela provtagningsperioden. Omvandlat till torrfoder blir den använda fodermängden 514.1 kg torrfoder. Foderkonstanterna var 1.9 för fiskskolans odling av regnbåge, samt 1.4 för resten av fiskarna. Tillväxten räknat med hjälp av foderkonstanterna var alltså 313.6 kg.

I medeltal fick man tillvara 49.2 g torrsustans samt 1.2 g fosfor per kg använt torrfoder. Detta betyder att belastningen per producerat kg fisk var 10.5 g fosfor. Reningsprocenten för fosfors del var 13.6 %.

På nedre utomhusområdet var det besvärligt att ordna kontrollen av foderåtgången skilt för de självrenande bassängerna, varifrån slamvattnet leddes till virvelseparatorn. Därför har nedre utomhusområdet behandlats som en helhet. Detta betyder emellertid att eftersom nedre utomhusområdets virvelseparators reningsprocent räknades per hela nedre utomhusområdets foderåtgång och tillväxt, medan endast ca. 2/3 av fiskmassan fanns i de självrenande bassängerna, så ger reningsprocenten rätt bild av hela området, men en alltför liten reningsprocent för själva virvelseparatorn.

I tabell 9 har man räknat ut nedre utomhusområdets massbalans.

Tabell 9. Nedre utomhusområdets massbalans.

	+foder	- fisk	- slam från vs. 5	= belastning
P _{tot} (g) 5.6-22.6	5185	1254	633	3298
P g/kg foder	10.1	2.4	1.2	6.4
P g/kg prod. fisk	16.5	4.0	2.0	10.5

4.25 Sammandrag av virvelseseparatorerna

Följande tabell är reningsprocenterna för de olika virvelseseparatorerna illustrerade.

Tabell 10. Virvelseseparatorernas effekt, givet som fosfor samt torrsubstans insamlat per kg använt foder. Fosforbelastningen per producerat kg fisk. Reningsprocenten har angivits som reduktionen av den egentliga belastningen, som annars skulle belasta recipienten och det mindre värdet inom parentes anger hur stor procent av fodrets totala närsalt innehåll man fick tillvara, under hela provtagningsperioden 5.6 - 21.6.1989.

Virvel sep.	Insamlat per kg foder		Belastning/ kg prod. fisk	Reningsprocent	
	P (g)	TS (g)	P (g)	%	P (%)
1	1.23	57.6	10.2	16.1	(12.2)
2+3	0.72	38.5	14.9	7.8	(6.2)
4	3.33	136.1	6.2	43.0	(31.4)
5	1.2	49.2	10.5	13.6	(10.1)

Reningsresultatet för fosfors del för hela fiskodlingen var 19.3 % respektive (14.8 %). Per använt foder kilogram fick man tillvara 1.6 g fosfor samt 70.0 g torrsubstans. Fosforbelastningen per producerat kg fisk var 10.6 g fosfor.

4.26 Tvättning av bassängerna med hjälp av undertryck sugsystem

Undertryckssystemet fungerade inte under provtagningsperioden, så dess effekt kunde ej bedömas. Efter provtagningsperiodens slut, testades en borste som snurrade runt och samtidigt sög upp det lösgjorda slammet och algväxtligheten. Provet utfördes endast i två bassänger och målet var att räkna ut hur mycket torrsubstans och fosfor man kunde få tillvara per m² bassängyta.

Resultat var att man kunde ta tillvara 4.05 resp. 4.33 g torrsubstans/m₂ från botten. Från sidorna fick man tillvara 3.76 resp. 1.81 g torrsubstans/m². Torrsubstansens fosforhalt bestämdes med

hjälp av fyra laboratorieanalyser. Resultaten var 6.0, 2.8, 4.3 samt 33.2 mg fosfor/g torrsubstans. Om man lämnar bort det sista värdet får man värdet, 4.37 mg fosfor/g torrsubstans.

Om man tvättade bassängerna en gång i månaden och antog att man varje gång skulle få tillvara de ovanstående mängderna, skulle man per månad kunna ta tillvara 20.58 kg torrsubstans från bottnet, samt 5.17 kg torrsubstans från väggarna. Från bottnet skulle man kunna ta tillvara 89.9 g fosfor samt från väggarna 22.6 g fosfor. Detta gällde alltså de självrenande bassängerna. I raceway bassängerna samlades det mycket slam, men borsten lämpade sig inte för tvättning av dem.

Reningsresultatet skulle kanske ha varit bättre om man hade övat användningen av borsten.

4.27 Kalkning av slamvattnet

Kalkningsenhetens reningseffekt mättes genom att analysera fosforhalten i det kalkade slammet samt i det renade vattnet. I medeltal innehöll det renade vattnet 1.6 mg fosfor/l. I medeltal pumpades det varje dag 3.9 m³ renat vatten från kalkningen. Fosforbelastningen från kalkningsenheten under hela provtagningsperioden var 113 g fosfor.

Torrsubstansen i slammet var i medeltal 21.6 g TS/l. Torrsubstansens fosforhalt var i medeltal 18.2 mg P/g TS. I slammet fanns det alltså i medeltal 392.6 mg P/l. Den totala fosformängden i slammet under hela provtagningsperioden var 4417 g. Reningsprocenten för fosfors del var alltså 97.4 %. Den använda kalkmängden var 3 kg vattenverkskalk/m³ slamvatten. Det kalkade slammets pH var i medeltal 12.1.

4.28 Slamtorkbädden av torv

Torkningen av slammet skedde på en flyttbar slamtorkbädd av torv, som hyrdes från VAPO Oy (bild 16). Med hjälp av torven får man endast tillvara torrsubstansen, d.v.s fosfor som var i löst form i slammet rann rakt igenom.

Slammet pumpades först till en 1.0 m³ stor behållare, för att få reda på volymen, samt för att få ett representativt prov på slammet. Från behållaren tömdes slammet sedan ut på torvbädden. Från det utgående vattnet som rann ut Enonvesi, togs dagligen ett stickprov och man antog att volymen på det utgående vattnet, var samma som volymen på slammet som pumpades till torvbädden.

Allt som allt pumpades det 11.25 m³ kalkat slam till slamlaven under provtagningsperioden. Den egentliga slammängden fick man med hjälp av Imhoff provet (sedimenteringstiden 1/2 h). I medeltal var Imhoff värdet 666 ml/l vilket betyder 7804 liter sedimenterat slam under hela provtagningsperioden. Detta slam hade dock gått igenom två centrifugalpumpar, så Imhoff värdet ger knappast rätt bild av det kalkade slammets sedimenteringsegenskaper i sedimenteringsbassängen.

Ur slamvattnet analyserades torrsubstansen, den i vattnet lösta fosfor, den vid torrsubstansen bundna fosfor samt pH-värdet varje dag. Slammet innehöll i medeltal 21.6 g/l torrsubstans samt 18.2 mg fosfor/g torrsubstans. Slammets fosforhalt var alltså 392.6 mg P/l.

Ur det utgående vattnet analyserades löst fosfor (bilaga 1) samt pH (bilaga 2) varje dag. Det utgående vattnets fosforhalt minskade stadigt från 16.8 mg P/l vid provtagningsperiodens början till 4.6 mg P/l i provtagningsperiodens slut. Ph ökade från 5.0 till 6.4. Under hela provtagningsperioden var fosforbelastningen från slamlaven 115 g fosfor.

Slamtorkbäddens reningsprocent för fosfor del var 97.4 %.

Slamtorkbädden fungerade relativt bra under provtagningsperioden. Efter provtagningsperioden hade den en tendens att täppas till i fall den ej användes varje dag. Detta berodde enligt Olli Reinikainen VAPO Oy på att det kalkade slammet täpper till torvbädden (muntlig information).

4.29 Sedimenteringsbassängerna

Det utgående vattnet från fiskodlingen leddes ej genom sedimente-

ringsbassängerna, utan bassängerna användes endast som fiskodlingsbassänger.

4.3 Hela fiskodlingens massbalans

De olika områdenas massbalanser summerades och resultaten finns i tabell 11.

Tabell 11. Hela fiskodlingens massbalans som erhållits, genom att summera de olika enheternas mass balanser.

	+foder	- fisk	- slam från virv. sep.	= belastning
Fosfor				
P _{tot} (g) 5.-22.6.	23279	5430	3442	14407
P g/kg foder	11.0	2.6	1.6	6.8
P g/kg prod. fisk	17.1	4.0	2.5	10.6

Den totala fosforbelastningen under provtagningstiden var alltså 14.407 kg. Detta blir 6.8 g P/kg använt foder samt 10.6 g P/prod. kg fisk.

Belastningen under hela året får man genom att multiplicera den under ett år använda fodermängden med belastningen per använt kilogram foder. Foderåtgången år 1988 var 23 080 kg. På detta sätt får man fosforbelastningen år 1988 skulle ha varit 157 kg, förutsatt att reningsanläggningarna skulle ha varit i användning.

4.4 Belastningen beräknad med hjälp av analyserna på inkommande och utgående vatten

Det inkommande vattnets totala fosforhalt var i medeltal 12.6 µg/l och det utgående vattnets 16.0 µg/l (bilaga 3). Kvävehalten analyserades ur 8 vattenprov och i det inkommande och utgående vatten var kväve halterna i medeltal 584 µg/l, respektive 570 µg/l (bilaga 4). BOD₅ värdet analyserades ur 13 vattenprov och det inkommande och utgående vattnets värden var 0.85 mg/l respektive 0.92 mg/l (bilaga 5).

Det var meningen att fiskodlingens vattenförsel skulle mätas med de ultraljud strömningsmätare som var installerade. Dessa mätare fungerade dock inte under provtagningsperioden och därför var man tvungen att mäta vattenförseln med en flygel mätare. Vattenförseln var konstant, så därför mättes vattenförseln endast då större ändringar gjordes. Vattenförseln under provtagningsperioden finns i tabell 12.

Tabell 12. Vattenförseln under provtagningsperioden.

tid	vattenförsel (l/s)
5.6 - 9.6	1120
10.6 - 12.6	1350
13.6 - 18.6	1130
19.6 - 21.6	1360

Från virvelseparatorerna 4 och 5 leddes det renade vattnet direkt ut i fiskarnas frigöringskanal, dvs. förbi sedimenteringsbassängerna. Detta utsläpp var svårt att mäta, eftersom vattenförseln genom virvelseparatorn inte var jämn och koncentrationen i det utgående vattnet varierade så mycket. Tre gånger när bassängerna tömdes till virvelseparatorn, togs ett blandprov genom att 2 gånger i minuten ta ett prov på det utgående vattnet. På detta sätt fick man att fosfor koncentrationen i det utgående vattnet från virvelseparator 4 var 0.8, 1.4 samt 0.5 mg P/l. Vid tvättningen av bassängerna leddes tvättvattnet via virvelseparatorn och denna belastning var ännu svårare att bedöma. Beräknad med hjälp av vattenanalyserna, fick man att belastningen under hela provtagningsperioden var 270 g P.

Belastningen från virvelseparator 5 beräknades på samma sätt som belastningen från virvelseparator 4 och fosfor i det utgående vattnet var 0.3, 0.6 samt 0.3 mg/l. På detta sätt fick man att fosforbelastningen under provtagningsperioden skulle ha varit 32 g P, vilket dock verkar att vara klart i underkant.

Det verkar som om analyserna skulle ha gett ett för litet värde för fosforbelastningen, precis som vid analyserna av det utgående vattnet från fiskodlingen. I fall den totala fosforhalten verkligen var så låg i det utgående vattnet från virvelseparatorerna, skulle det betyda att virvelseparatorns reningsprocent för torr-

substansens del var 85.2 % i avelsfiskhallens virvelseparator och 94.0 % i nedre utomhusområdets virvelseparator.

Fosforbelastningen räknad med hjälp av inkommande och utgående vatten blir 6.48 kg P. När man till detta värde adderar belastningen från virvelseparatorerna 4 och 5, samt från kalkningen får man att den totala fosforbelastningen var 6.895 kg. Detta blir 3.2 g P/kg torrfoder samt 5.1 g P/prod. kg fisk. Värdena är endast hälften av de värden man fick med hjälp av massbalansen. Detta skulle tyda på att närsaltbelastningen inte syntes i provet på det utgående vattnet.

Alla analyser på det utgående vattnet var oväntat låga. Kvävehalten var rentav större i det inkommande vattnet än i det utgående vattnet. En möjlig förklaring till de låga närsalthalterna kunde ha varit att närsalterna har lagrats i fiskodlingsbassängerna, eller så var inte provet på det utgående vattnet representativt. Resultaten man fick från provningen av borsten för tvättningen av bassängerna, tyder dock inte på att närsalterna hade lagrats i fiskbassängerna.

En möjlig förklaring till de låga närsalthalterna i det utgående vattnet, skulle ha kunnat vara att det gick ett vattenlager eller slamlager med högre närsaltkoncentration längsmed botten. För att försäkra sig om att detta inte var fallet, togs prover på det utgående vattnet samtidigt från kanalen där det från fiskodlingen utgående vattnet var fullständigt omblandat, samt från den ursprungliga provtagningsplatsen. Proven togs 10.7.1989 som två timmars blandprov med 1/2 timmes provtagningsintervall under 24 timmars tid. Resultaten finns i bilaga 6. Resultaten varierade mycket, men visade inte entydigt att den gamla provtagningsplatsen skulle ha varit dåligt vald. I medeltal var gamla provtagningsplatsens fosforhalt endast 0.8 mg P/l lägre. Enligt analyserna växte fosforbelastningen under dagens lopp, för att vara störst på eftermiddagen.

Det fanns ej möjlighet att kyla ner kanistern i vilken blandprovet samlades. Detta kan ha orsakat biologisk aktivitet i kanistern och det är möjligt att t. ex. en del av näringsämnen blev kvar på kanisterns vägg i form av algväxt.

4.5 Förbättringsförslag

Uppsamlingsrännorna för slamvattnet i fiskyngelhallen borde vara konstruerade och dimensionerade så, att slammet inte sedimenterar på rännans botten, samt att slamvattnet inte blir stående i rännan.

Avelsfiskhallens virvelseparator kunde försees med pump för det utgående vattnet, så att virvelseparatorn också skulle fungera när vattenståndet i Saimen är högt.

För att effektivera tömningen av slam och slamvatten, borde alla ventiler som har med tömningen av slam att göra, vara ventiler som går att öppna snabbt och inte kilventiler.

Virvelseparatorernas sneda bräddavloppskanter borde rätas till för att förhindra pluggflöden.

Eftersom slammet hade dåliga sedimenteringsegenskaper i synnerhet på övre utomhusområdet, ledde det till att slammet 'rymde' från virvelseparatorn. Därför skulle man kunna pröva på att föra slammet från fiskbassängernas slamkoppar direkt till kalkningen. Detta skulle ske på så sätt att man täppte till det 200 mm:s rör via vilket slamvattnet leds till virvelseparatorn. Om röret täpps till i sista brunnen före slamvattnet leds till virvelseparatorn, så kan man tömma slamvattnet från fiskbassängerna i röret varvid det fungerar som ett slags slamvattenreservoar. Sedan kan man suga slamvattnet från 200 mm:s röret till kalkningen, med hjälp av vakuumröret för tvättvattnen. För att detta skulle lyckas, måste man anpassa tömningen av bassängerna till vakuumrörets sugkapacitet. På detta sätt skulle man kunna tillvarata all den torrsustans som finns i slamvattnet.

4.6 Inverkan på recipienten

Både fiskodlingen och kommunens reningsverk, som är en aktivslamanläggning, belastar Sahalampi. Den årliga fosforbelastningen från kommunens reningsverk är ca. 150 kg P och belastningen från fiskodlingen för tillfället ca. 170 kg P.

Under åren 1977-81 var fosfor- och kvävehalterna i Sahalampi i medeltal 11.1 µg P/l respektive 420 µg N/l (Suunnittelukeskus Oy 1987). I Lussinsalmi som är beläget nedströms och mynnar ut i Enonvesi, var fosfor- och kvävehalterna under åren 1986-88 i medeltal 20.9 µg P/l respektive 450 µg N/l. Fiskodlingens verksamhet samt den ökade belastningen från kommunens reningsverk, hade alltså tydligt höjt närsalt-halterna. I Enonvesi är dock utspädningen redan så stor att belastningen inte märks i vattenanalyserna.

Bedömningen av belastningens inverkan på recipienten gjordes med hjälp av Vollenweiders modell från år 1972. Vollenweiders modell tar endast hänsyn till fosforbelastningen L ($\text{gm}^{-2}\text{a}^{-1}$), samt sjöns medeldjup per den teoretiska genomströmningstiden.

Enligt Vollenweiders modell var Sahalampi och Lussinsalmi klart eutrofiska. Den rikliga vattenväxtligheten i Sahalampi bekräftade detta resultat.

5. DISKUSSION

Östra-Finlands Centralfiskodlingsanstalt är en modern fiskodling där man har satsat mycket på minskandet av närsaltbelastningen. Fiskodlingsanstalten blev färdig hösten-88. Hela fiskodlingen har kostat ca. 80 milj. mk, varav vattenreningsanläggningarna står för ca. 10 %. Fiskodlingens mål är att hålla modersfiskar för att kunna producera rom, samt utsättningsfisk för Vuoksen vattendraget. Fiskodlingens lov för fosforbelastningen är 250 kg fosfor/år. Biomassan får högst vara 33 000 kg. Fiskodlingens produktion har inte ännu uppnått full kapacitet. År 1988 var tillväxten 14 000 kg samt foderåtgången 23 080 kg, räknat som torrfoder.

Reningsmetoden på Östra Finlands Centralfiskodlingsanstalt baserar sig på självrenande fiskodlingsbassänger av glasfiber samt betong (diametern varierar 1.62 - 12 m.), varifrån slamvattnet som samlas i bottenkoppen, töms en gång per dag till virvelseparatorerna. Dessutom finns det några raceway-bassänger av betong, samt vanliga jordbassänger som är beklädda med sten, som inte är självrenande. Reningsmetoden i dessa består av tvättning av bassängerna med ett undertrycksugsystem. Undertrycksugsystemet används också för

tvättningen av de självrenande betongbassängerna på de båda utomhusområdena. Slammet från virvelseparatorerna samt tvättvattnet från tvättningen av bassängerna, behandlas med vattenverkskalk för att förbättra dess sedimenteringsegenskaper samt stabilisera det. Efter kalkningen pumpas det kalkade slamvattnet till en sedimenteringsbassäng, där slamvattnet sedimenterar under natten. På morgonen pumpas det renade vattnet ut i recipienten, samt det kalkade slammet till en slamtorkbädd av torv. Tvättvattnet från tvättningen av bassängerna behandlas på samma sätt.

Målet med den här undersökningen var att bestämma Östra Finlands Centralfiskodlings närsaltbelastning. Dessutom undersöktes virvelseparatorernas, kalkningsenhetens (slam-och tvättvattnen) samt torvslamtorkbäddens effekt, samt funktionsduglighet i praktiken.

Man lyckades bestämma fosforbelastningen, samt räkna ut de olika reningsanläggningarnas effekt beträffande fosfor med hjälp av massbalansen för fosfor. Massbalansen för kvävet kunde man ej bestämma, eftersom laboratoriet inte kunde analysera kvävehalten i det tillvaratagna slammet. Det var meningen att fosfor-, kväve- och BOD₅-belastningen skulle bestämmas med hjälp av analyserna på det inkommande och utgående vattnet. Kvävehalterna i det inkommande vattnet (584 µg N/l), var dock större än i det utgående vattnet (570 µg/l). BOD₅ värdet i det inkommande och utgående vattnet var 0.85 mg/l respektive 0.92 mg/l. Det inkommande vattnets fosforhalt var i medeltal 12.6 µg P/l och det utgående vattnets 16.0 µg P/l. Fosforbelastningen räknat med hjälp av vattenanalyserna var endast 5.1 g P/kg prod. fisk, jämfört med 10.6 g P/kg prod. fisk räknat med hjälp av massbalansen. Man kunde inte påvisa att belastningen beräknad med hjälp av vattenanalyserna skulle ha varit felaktig, men allt tyder på att provet på det utgående vattnet inte var representativt (se punkt 4.4: Belastningen beräknad med hjälp av analyserna på inkommande och utgående vatten). Därför behandlas endast resultatet man fick med hjälp av massbalansen i fortsättningen.

Reningsprocenten som är angiven som minskningen av belastningen till recipienten, var för fosfors del för hela fiskodlingen 19.3 %. Per använt foder kilogram fick man tillvara 1.6 g fosfor samt 70.0 g torrsubstans (torrsubstansen mätt ur det okalkade slammet).

Fosforbelastningen per producerat kg fisk var 10.6 g fosfor. Salonen (1983) samt Kaukoranta (1988) har angett värdena 13 g P/prod. kg fisk, respektive 12.95 g P/prod. kg fisk.

De olika virvelseparatorernas reningsresultatet varierade mycket. Fiskyngelhallens virvelseparatorers reningsprocent var 16.1 %, övre utomhusområdets 7.8 %, avelsfiskhallens 43.0 % samt nedre utomhusområdets 13.6 %.

Fiskyngelhallens relativt dåliga reningsresultat, berodde dock till stor del på att tömningen av slamvattnet från fiskbassängernas till virvelseparatorn gjordes på fel sätt. Detta ledde till att virvelseparatorn överbelastades under några minuter, vilket ledde till att slammet inte sedimenterade i virvelseparatorn. Efter provtagningsperioden följde man med fiskyngelhallens virvelseparator i fyra dagars tid, varvid man tömde slamvattnet på rätt sätt. Under denna period var reningsprocenten 30 %.

Avelsfiskhallens goda resultatet var något förbryllande. På förhand antog man nämligen att avelsfiskhallens virvelseparator skulle fungera sämst, eftersom dess utloppsrör inte drog ordentligt p.g.a att Saimens vattenstånd var så högt. Detta ledde till att det så att säga blev översvämning i virvelseparatorn. Förklaringen till det goda reningsresultatet är att avelsfiskhallens, samt delvis nedre utomhusområdets virvelseparatorer, var de enda virvelseparatorer varifrån man fick tillvara slam som var färskt, med goda sedimenteringsegenskaper. Detta kunde iaktas dels genom att bedöma det i virvelseparatorerna samlade slamets utseende, samt genom att räkna slamets torrsubstans per sedimenterad slamvolym i Imhoffglaset.

Orsaken till att slamvattnet som leddes till de andra virvelseparatorerna hade dåliga sedimenteringsegenskaper, var antagligen att det på utomhusområdet bildades rikligt med algväxtlighet på bassängens botten, som antagligen bromsade upp samlingen av slammet i fiskbassängens slamkopp. I fiskyngelhallen sedimenterades en del av slammet i uppsamlingsrännan för slamvattnet. Förutom att slamets sedimenteringsegenskaper försämrades, förorsakade det kvarblivna slammet också luktproblem i fiskyngelhallen.

På nedre utomhusområdet var det besvärligt att ordna kontrollen av foderåtgången skilt för de självrenande bassängerna, varifrån slamvattnet leddes tillvirvelseparatorn. Därför har nedre utomhusområdet behandlats som en helhet. Detta betyder emellertid att eftersom reningsprocenten räknas per hela nedre utomhusområdets foderåtgång och tillväxt, medan endast ca. 2/3 av fiskmassan fanns i de självrenande bassängerna, så ger reningsprocenten rätt bild av hela området, men en alltför liten reningsprocent för själva virvelseparatorn.

Man kan bedöma Östra-Finlands Centralfiskodlingsanstalts fosforbelastning med hjälp av följande formel. Den gäller förstås endast i fall omständigheterna är likadana, som under provtagningsperioden. Dessutom har man antagit att fiskyngelhallens virvelseparators reningsprocent är 30 %.

$$B = F \cdot 6.4 + \ddot{O}U \cdot 8.5 + A \cdot 4.4 + NU \cdot 6.4$$

- B - Fiskodlingsanstaltens fosforbelastning i gram.
- F - Foderåtgången i fiskyngelhallen i kilogram.
- ÖU - Foderåtgången på över utomhusområdet i kilogram.
- A - Foderåtgången i avelsfiskhallen i kilogram.
- NU - Foderåtgången på nedre utomhusområdet i kilogram.

För att virvelseparatorn skall fungera tillfredställande förutsätter den färskt slam med goda sedimenteringsegenskaper, samt ett jämnt vattenflöde. Den bästa lösningen är utan tvivel att allt utgående vatten från fiskbassängerna oavbrutet leds via virvelseparatorn. Nackdelen med denna lösning är att den kräver stora dyra virvelseparatorer. På Östra-Finlands Centralfiskodling var den ursprungliga tanken, att eftersom största delen av slampartiklarna samlas i fiskbassängernas slamkopp, så skulle endast ca. 10 % av fiskbassängernas vattenflöde tas ut via fiskbassängernas bottenventil och ledas till virvelseparatorerna. Nackdelen med denna lösning var emellertid att det var mycket svårt att i praktiken ställa in de olika bassängernas klaffventiler, så att vattenflödet från de olika bassängerna skulle ha varit jämnt. Dessutom räckte inte vattenflödet till för att få slammet som samlades i slamkoppen i rörelse, utan en stor del av slammet blev kvar i slamkoppen. Faran för att den delvis öppna klaffventilen skulle täppas till,

var dessutom stor. Efter olika försök, kom man till att den bästa metoden var att tömma en bassäng åt gången till virvelseparatorn, vilket betydde att man kunde öppna bottenventilen nästan helt, varvid tömningen av fiskbassängens bottenkopp lyckades ganska bra. Under provtagningsperioden fanns det p.g.a brist på arbetskraft endast möjlighet att tömma fiskbassängerna en gång per dag. Detta betydde att slammets sedimenteringsegenskaper redan hade försämrats och en del av fosfor hunnit lösas ur torrsubstansen.

Reningsresultatet försvagades också av att virvelseparatorernas tekniska utförande inte var det bästa möjliga. Alla virvelseparatorers bräddavloppskanter, förutom fiskyngelhallens, var sneda så att vattenflödet ut från virvelseparatorerna inte var jämnt över hela kanten. I den ena virvelseparatorn på övre utomhusområdet samt i virvelseparatorn på nedre utomhusområdet, kom det luft med i det inkommande slamvattnet, vilket förorsakade turbulenser i virvelseparatorerna. Det såg ut som om det inkommande vattnet skulle ha stött mot motstående vägg, varvid det uppstod turbulens i virvelseparatorn och slammet så att säga 'rymde'.

Kalkningen av slamvattnet fungerade rätt bra. Reningsprocenten för fosfors del var 97.4 % och fosforhalten i det utgående vattnet i medeltal 1.6 mg P/l.

Slamtorkbädden av torv fungerade annars bra, men det kalkade slammet hade en benägenhet att täppa till torvbädden. Reningsprocenten för fosfors del var 97.4 % och fosforhalten i det utgående vattnet sjönk under provtagningsperiodens lopp, från 16.8 till 4.6 mg P/l. Detta berodde antagligen på att det kalkade slammets höga pH, ledde till att det i början frigjordes humus samt fosfor ur torven.

För utvecklandet av insamlingen av slam med hjälp av virvelseparatorer, skulle det vara viktigt att utreda hur slammets sedimenteringsegenskaper förändras med tiden. Man vet redan att fosfor snabbt frigörs ur torrsubstansen, men det verkar dessutom som om slammets sedimenteringsegenskaper mycket snabbt skulle försämrans.

Man vet mycket lite om fodrets inverkan på slammets sedimenteringsegenskaper. Fiskodlarna på Östra-Finlands Centralfiskodlingsans-

talt hade gjort den iakttagelsen att fekalierna från fiskarna var olika, beroende på vilken tillverkares torrfoder fiskarna matades med. Det skulle vara skäl att närmare utreda fodrets inverkan på slammets konsistens.

Användningen av reningsanläggningarna i praktiken visade hur viktigt det är att hydrauliken är rätt dimensionerad. På Östra-Finlands Centralfiskodling var det största problemet, att det var svårt att få bort allt slam från fiskbassängernas slamkoppar, eftersom det skulle ha krävt en så stor vattenföring för att få slamkoppen 'sköljd'. På utomhusområdena var å andra sidan virvelseparatorerna så små, att man överskred virvelseparatorernas maximala vattenföring, om man öppnade bottenventilen helt för att få bort allt slam från fiskbassängernas bottenkoppar. Rören och rännorna får ej vara byggda så att slammet i något skede blir stående.

För att minska på fiskodlingarnas belastning av vattendragen, borde man i första hand sträva till sänka fodrets fosfor- och kvävehalt. Den näst viktigaste faktorn är foderkonstanten, som man borde sträva till att få så låg som möjligt d.v.s. optimere användningen av fodret för fiskens näringsbehov. Den tredje viktigaste åtgärden är att ta tillvara slammet från fiskbassängerna så färskt som möjligt.

Resultaten som man fick i denna undersökning tyder på att det är svårt att pålitligt bestämma belastningen från en fiskodling med hjälp av vattenanalyser. Därför borde man hellre sträva till att beräkna belastningen genom att göra upp fiskodlingens massbalans.

6. SAMMANDRAG

Målet med den här undersökningen var att bestämma Östra Finlands Centralfiskodlings närsaltbelastning. Tyngdpunkten låg på fosfor men också kväve och BOD₇ belastningen undersöktes. Dessutom undersöktes virvelseseparatorerna, kalkningsenhetens (slam- och tvättvatten) samt slamtorkbäddens effekt samt funktionsduglighet i praktiken. Slammet torkades på en torvbädd.

Fältarbetet gjordes under tiden 5.6 - 22.6.1989 och analyserna gjordes i fiskodlingens laboratorium. Under den 17 dagar långa provtagningsperioden följde man noggrannt med foderåtgången, fiskarnas tillväxt samt analyserade fosforhalten i det tillvaratagna slammet. Fosforbelastningen per använt kilogram foder, samt producerat kilogram fisk bestämdes med hjälp av fosfors massbalans.

Dessutom var det meningen att belastningen skulle beräknas med hjälp av analyserna på inkommande och utgående vattnet. Kvävehalten var dock större i det inkommande vattnet än i det utgående vattnet, och fosforbelastningen beräknad med hjälp av vattenanalyserna endast hälften av den belastning man fick med hjälp av massbalansen. Detta skulle tyda på att provet på det utgående vattnet inte var representativt och resultatet därför inte pålitligt.

Fosforbelastningen var 6.8 g P per använt kg torrfoder och 10.6 g P per prod. kg fisk räknat med hjälp av massbalansen. Motsvarande värden för fosforbelastningen beräknad med hjälp av analyserna på det inkommande och utgående vattnet var 3.3 respektive 5.1.

Reningsresultaten för de 5 virvelseseparatorerna varierade mycket (7.8 - 43 %) och var i medeltal 19.8 % för fosfors del. Fosforreningsprocenten för kalkningen samt slamtorkbädden av torv var i båda fallen 97.4 %.

Eftersom det i praktiken är svårt att bestämma närsaltbelastningen från en fiskodling med hjälp av vattenanalyser, vore det bättre att använda sig av massbalansräkning. Det är dock inte alltid möjligt att få de uppgifter som behövs för uppgörande av massbalansen.

7. TIIVISTELMÄ

Itä-Suomen keskuskalanviljelylaitoksen poistoveden käsittely

Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli määrittää Itä-Suomen keskuskalanviljelylaitoksen ravinnekuormitusta. Tutkimus kohdistui lähinnä fosforiin, mutta myös typpi ja BHK, kuormitusta tutkittiin. Lisäksi tutkittiin pyörreselkeyttimien, liete- ja pesuvesien kalkkikäsittelyn sekä lietteen kuivaukseen käytettyä turvelavan puhdistustehoa sekä toimivuutta käytännössä.

Kenttättyö tehtiin 5.6 - 22.6.1989 välisenä aikana ja analyysit tehtiin kalanviljelylaitoksen laboratoriossa. Näytteenottojakson aikana, joka kesti 17 päivää, seurattiin tarkasti rehun kulutusta, kalojen kasvua sekä analysoitiin fosforipitoisuus talteenotetussa lietteessä. Fosforikuormitus käytettyä rehukiloa kohti sekä tuotettua kalakiloa kohti määritettiin fosforin massataseen avulla.

Lisäksi oli tarkoitus laskea kuormitus sisään- ja ulosmenevän veden analyysituloksien perusteella. Typpipitoisuudet olivat kuitenkin suuremmat sisääntulevassa kuin lähtevässä vedessä. Lisäksi fosforikuormitus vesianalyysien mukaan laskettuna oli ainoastaan noin puolet massataseen avulla lasketusta kuormituksesta. Tämä viittaisi siihen, että lähtevän veden näyte ei ollut edustava ja tulos tästä syystä ei ollut luotettava.

Massataseen mukaan laskettuna fosforikuormitus oli 6.8 g käytettyä kg kuivarehua kohden ja 10.6 g tuotettua kg kalaa kohden. Vastavat arvot fosforikuormitukselle veden analyysitulosten mukaan laskettuna olivat 3.3 ja 5.1.

Viiden pyörreselkeyttimen puhdistustulos vaihteli merkittävästi (7.8 - 43 %) ja oli keskimäärin 19.8 % fosforin osalta. Sekä liete- että pesuvesien käsittelyn ja lietekuivauslavan reduktioasteet fosforin osalta olivat 97.4 %.

Koska käytännössä on vaikeaa määritellä kalanviljelylaitoksen ravinnekuormitusta vesianalyysien avulla, parempi tulos voitaisiin saavuttaa massatasetarkastelun avulla. Massataseen laatimista varten tarvittavien tietojen määrittäminen käytännössä ei kuitenkaan aina ole mahdollista.

8. SUMMARY

Treatment of the effluent on Central Fish Culture and Fisheries Research Station for Eastern Finland

The purpose of the study was to assess the load from Central Fish Culture for Eastern Finland. The emphasis was on the phosphorus load, but also the nitrogen load and the Biological Oxygen Demand (BOD) were determined. The efficiency of the swirl concentrators, the lime treatment unit and the peat bed, on which the sludge was dried were also measured.

Samples were taken from June 5 to June 22 1989 and they were analysed in the laboratory of the plant. During this fortnight the added fodder, the growth of the fishes and the content of nutrient in the sludge from the swirl concentrators were measured. From these values it was possible to calculate a massbalance and also as g P/kg produced fish.

The purpose was also to determine the loading by analysing the nutrients in the incoming and outgoing water. There was less nitrogen in the outgoing water than in the incoming water, and the phosphorus load calculated from the results of water was only half of the load, calculated from the massbalance. Therefore the conclusion was, that the sample from the outgoing water was not representative.

The phosphorus load as calculated from the massbalance, was 6.8 g P per kg dry fodder feeded and 10.6 g P per kg produced fish. The corresponding values estimated by the analysis of the incoming and outgoing water, was 3.3 and 5.1.

The level of reduction of phosphorus in the 5 swirl concentrators varied between 7.8 and 43 %. The whole plant's average was 19.8 %. The level of reduction in the peat bed was the same as in the lime treatment, 97.4 %.

Due to difficulties in sampling, chemical analyses of the incoming and outgoing water did not appear to be a reliable method for accessing the discharge. Calculation of a massbalance appears more reliable though it is not always easy to obtain the values needed.

9. LITTERATUR

- Alabaster, J. S. 1982. Report of the EIFAC Workshop on fishfarm effluents. Silkeborg, Denmark, 26 -28 May 1981. EIFAC Tech.Pap., (41) 166 s.
- Alonen, Kari. 1981. Turve kalankasvatuslaitosten poistovesien käsittelyssä. Suomen kalankasvattaja 1981:4, s. 28-29.
- Boyd, C. 1982. Water Quality Management for Pond Fish Culture, Elsevier Scientific Publishing Company Amsterdam-Oxford-New York 1982, 317 s.
- Clymo, R. S. 1963. Ion exchange in sphagnum and its relation to bog ecology. Am.Bot.27:309-324.
- Eskelinen, Päivi. 1984. Fosforiainetase kirjolohella. Vesihallituksen monistesarja 1984:241 s. 33-42.
- Eskelinen, Päivi. 1987. Fosforin vapautuminen eri rehuilla ruokittujen kirjolohien ulosteliettestä. RKTL Kalantutkimusosasto, Monistettuja julkaisuja 1987:73, s. 229-245.
- Eskelinen, Päivi. 1988. Fosforin välitön liukeneminen veteen kalanrehuista ja kirjolohen ulosteesta, Vesitalous 1988:3, s. 10-13.
- Frisk, Tom. 1978. Järvien fosforimallit. Vesihallitus, Rapport 146. 113 s.
- Getken, Ekkehard. 1987. Untersuchungen zur abwasserbelastung und -behandlung aus der forellenintensivmast. Georg-August-Universität Göttingen. 110 s.
- Grangerg, Kaj, Selin, Pirkko & Miettinen, Aarno. 1982. Enonkosken vesistöalueen limnologiset tutkimukset Itä-Suomen keskuskalanviljelylaitoksen vedenotto ja jätevesien laskulupaa varten. Hydrobiologian tutkimuskeskuksen tiedonantoja, Jyväskylän yliopisto. 72 s.
- Heikkinen, Voitto. 1984. Reunapoistoisen pyörreselkeyttimen kehittämisestä. TKK, Diplomarbete. 91 s.
- Hosia, I. & Tuononen, E. 1976. Veden virtaus kaarteessa. Vesitalous 4:1976, s. 24-29.
- Isoaho, Simo & Valve, Matti. 1986. Vesikemian perusteet. Otakustantamo 846.
- Kajosaari, E. 1973. RIL Vesihuolto.
- Karlgren, Lars. 1981. Föroreningar från fiskodling. Statens naturvårdsverk PM 1395, Solna. 63 s.
- Karttunen, E. 1984. Kalanviljelylaitosten poistovesien käsittelymenetelmät. Licensiaattityö, Oulun yliopisto. 202 s.

Kaukoranta, Erkki. 1988. Kalankasvatuksen tulevaisuus vesiensuojelun kannalta. Suomen Kalankasvattaja 1989:1. s. 24-26.

Kaunismaa, P., Hakkari, L. & Selin, P. 1985. Turvepohjaisen liete-lavan toimivuus jäteveden puhdistamon ylijäämälietteen ja sako-kaivolietteen kuivaamisessa. Maj ja Tor Nesslingin säätiön tutki-muksen väliraportti.

Kaunismaa, P., Ritvonen, T., Selin, P. & Bagge, B. 1984. Torkning av överskottsslam på torvbottnad slambädd. Småskalig VA-teknik i kallt klimat. Högskolan i Luleå. Avdelning för VA-teknik. Rapport 22:120-133.

Kekkonen, I. 1981. Kalanviljelylaitosten aiheuttama vesistön kuor-mitus. INSKO 93 - 81, Helsingfors. 23 s.

Kinnunen, Kari. Maa-allastyypistien kalankasvatustlaitosten aiheut-taman fosforikuormituksen määrittämisestä. Lapin vesipiirin vesi-toimisto. 13 s.

Leminen, Erkki, Mäkinen, Timo & Junna, Juhani. 1986. Kalanviljelyn vesistökuormituksen vähentäminen verkkokassilaitoksella - kenttä-tutkimus meriolosuhteissa. Vesi- ja Ympäristöhallituksen monis-tesarja 1986:6.

Leminen, Erkki. 1985. Kalanviljelyaltaan aineyaso- ja kuormituspa-rametrit kiertovesijärjestelmässä - pienoismallitutkimus. TKK, diplomarbete. 130 s.

Markkanen, T. Selkeytys. Helsinki 1981. INSKO, 24-81.

Muir, J. F. 1978. Aspects of water treatment and re-use in inten-sive fish culture. Ph. D. Thesis Glasgow Scotland, University of Strathclyde.

Mäkinen, Timo. 1984. Kalanviljelyn kuormituksen vähentäminen, lietteen erottelu ja lieteveden käsittely. Vesihallituksen monis-tesarja 1984:241 s. 9-21.

Mäkinen, Timo. 1987. Porraskosken koekalanviljelylaitoksen pyör-eselkeyttimen toimivuuden tutkimus. RKTL Kalantutkimusosasto, Monistettuja julkaisuja 1987:73, s. 189-212.

Mäkinen, Timo. 1985. Tekniska erfarenhet av reningsåtgärder vid fiskodlingsanläggningar. Nordforsk, Miljövårdsserien 1985:2, s. 185-196.

Mäkinen, Timo & Naukkarinen, M. 1982. Mallitutkimus pyöreselkeytti-men soveltuvuudesta kalanviljelyn poistovesien käsittelyyn. Vesi-hallituksen monistesarja 1982:128. 41 s.

Nose, T. & Arai, S. 1979. Recent advances in studies on mineral nutrition of fish in Japan. Advances in Aquaculture. FAO. p. 584-599.

Ogino, C. & Takeda, H. 1978. Requirements of rainbow trout for dietary calcium and phosphorus. Nippon Suisan, Gakkaishi 44:1019-1022.

- Osborne, J. M. 1975. Tertiary treatment of campground wastes using a native Minnesota peat. J. of Soil and Water Conservation, 30:235-236.
- Ogino, C., Takeuchi, L., Takeda, H. & Watanabe, T. 1979. Availability of dietary phosphorus in carp and rainbow trout. Bull. Jap. Soc. Fish. 45:1527-1532.
- Persson, Gunnar. 1987. Sambandet mellan föda, produktion och förorening vid odling av stor regnbåde (*Salmo gairdneri*), Naturvårdsverket, Rapport 3382, Uppsala, 71 s.
- Persson, Lennart. 1985. Några försök med biologisk och mekanisk rening av avloppsvatten från Saltvikens fiskodling. Nordforsk, Miljövårdsserien 1985:2. s. 203-211.
- Pettersson, Kurt. 1986. Betydelsen av fiskfoders fosforsammansättning för fosforläckage till vatten från foderspill och fekalier. Uppsala universitetet, Limnologiska institutionen. Slutrapport LIU B:18. 20 s.
- Puustinen, Marjatta & Lindqvist, Olli V. 1982. Kalanviljelylaitosten ravinnepäästöt ja niiden vähentäminen: Biomassa ravinteiden sitojana. Kuopion korkeakoulu, Soveltavan eläintieteen laitos. 103 s.
- Pärjälä, Erkki. 1984. Pyörreselkeytin. Kuopion yliopisto, Työ- ja teollisuushygienian laitos.
- Pärjälä, Erkki. 1984. Pyörreselkeytin. Vesihallituksen monistesarja 1984:241, s. 21-29.
- Salonen, Seija. Kuormituksen määrittämiseen käytettyjen menetelmien arviointi. Esitelmä kalanviljelylaitosten vesistövaikutusten tutkimusten koordinoitkokouksessa Tampereella 14.11.1983. Vesihallituksen teollisuustoimisto. 9 s.
- Santaholma, A., Reinikainen, L. & Kalliola, P. 1975. Jäteveden kemiallisen puhdistuksen teoriaa, Jäteveden kemiallisia puhdistuskokeita ferrikloridilla ja kalkilla. Vesihallitus, Tiedotus 80. Helsinki. 140 s.
- Sarjamo, Hilikka. 1980. Selvitys kalastosta ja kalastuksesta Itä-Suomen keskuskalanviljelylaitoksen vaikutusalueella. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos. 16 s.
- Selänne, Ansa. 1985. Itä-Suomen keskuskalanviljelylaitoksen fosforikuormitus ja sen jakautuminen. 22 s.
- Selänne, Ansa. 1985. Itä-Suomen keskuskalanviljelylaitoksen fosforikuormituksen vähentämissuunnitelma. 13 s.
- Selänne, A. & Lindgren, S. 1984. Kalankasvatusaltaiden lietteenpoisto alipainejärjestelmällä. Vesihallituksen monistesarja 1984:223. 25 s.
- Selänne, A., Mäkinen, T. & Helkiö, R. 1983. Kalankasvatusliete ja sen jatkokäsittely. Vesihallituksen monistesarja 1983:173. 105 s.

Shepherd, J. & Bromage, N. 1988. Intensive fish farming, 404 s.

Sullivan, Richard H. et al. 1974. The Swirl Concentrator as a Grit Separator Device. U.S. Environmental Protection Agency, EPA-670/2-74-026. 93 s.

Sullivan, Richard H. et al. 1974. Relationship between Diameter and Height for the Design of a Swirl Concentrator as a Combined Sewer Overflow Regulator. U.S. Environmental Protection Agency, EPA-670/2-74-039. 44 s.

Suunnittelukeskus OY. 1987. Enonkosken kunta, jätevesien vesistövaikutukset. Helsinki, 8 s.

Vandkvalitetsinstitutet. 1976. Dambruksregistrering, belastning fra damburg. Gudenåunderø/gelsen 1973-1975. VKI.

Werner, J. 1971. Teori för kemisk fällning - fällningsförloppet. Kemisk fällning av kommunalt och industriellt avloppsvatten. Lidingö, 32 s. Opublicerad.

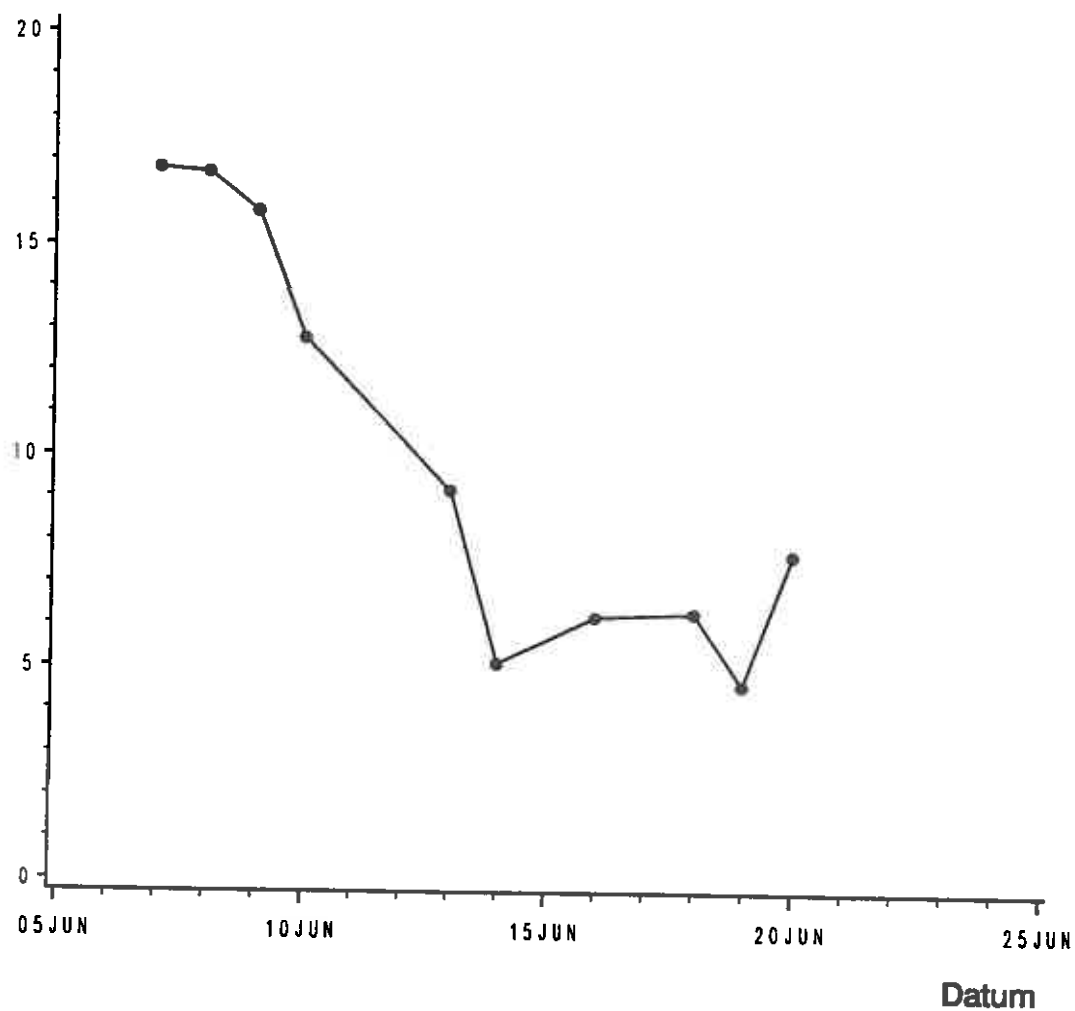
Vesi- ja ympäristöhallitus, Työryhmän selvitys. Kalankasvatus ja vesiensuojelu. Vesi- ja ympäristöhallituksen monistesarja 1988:128. 172 s.

Vääränen, Ilkka. 1986. Flotaation käyttö kalanviljelylaitoksen jätevesien käsittelyssä, TKK. Diplomarbete, 55 s.

BILAGA 1.

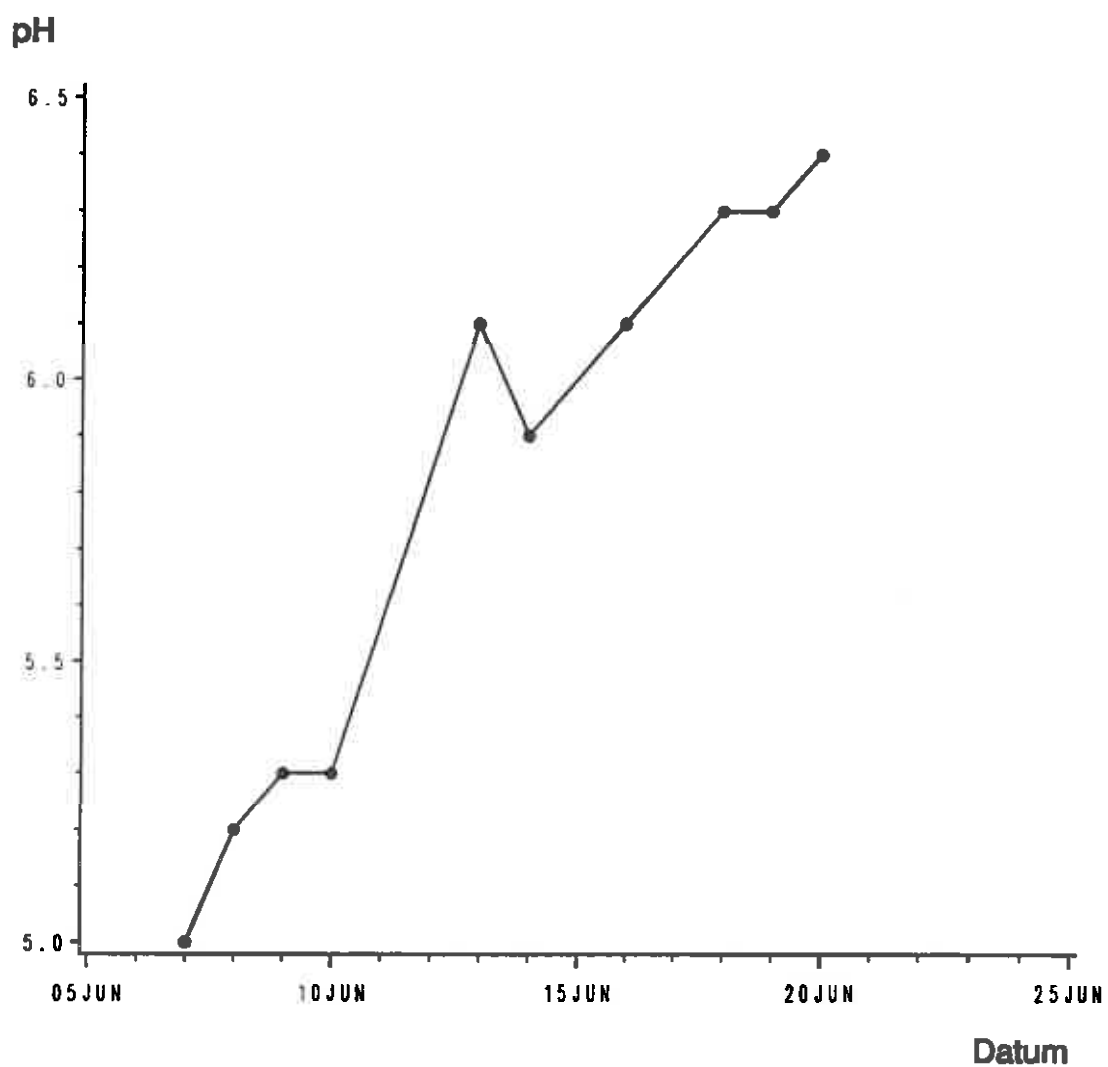
Fosforhalten i det utgående vattnet
från slamtorkbädden

P mg/l

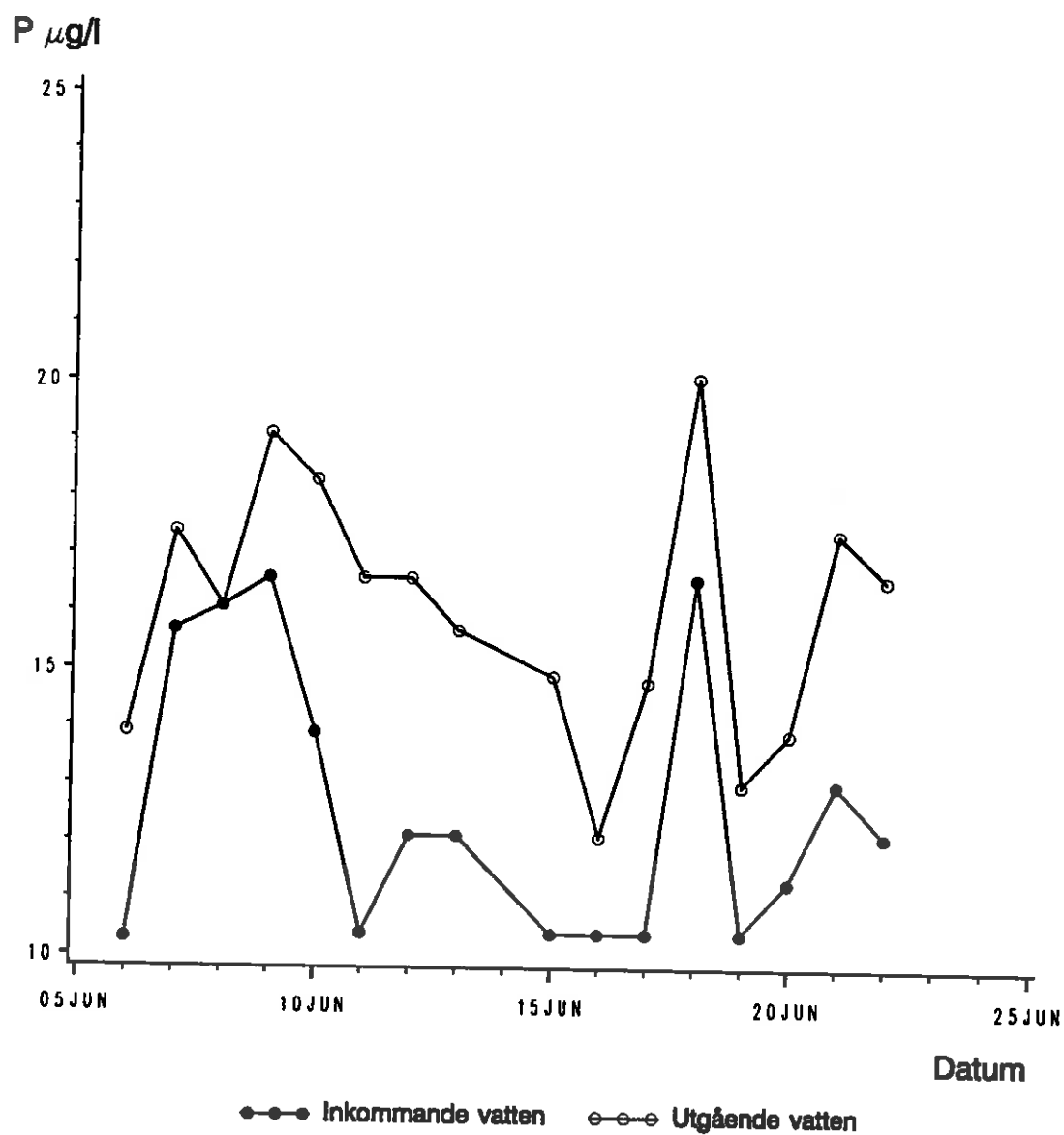


BILAGA 2.

pH – värdet i det utgående vattnet
från slamtorkbädden

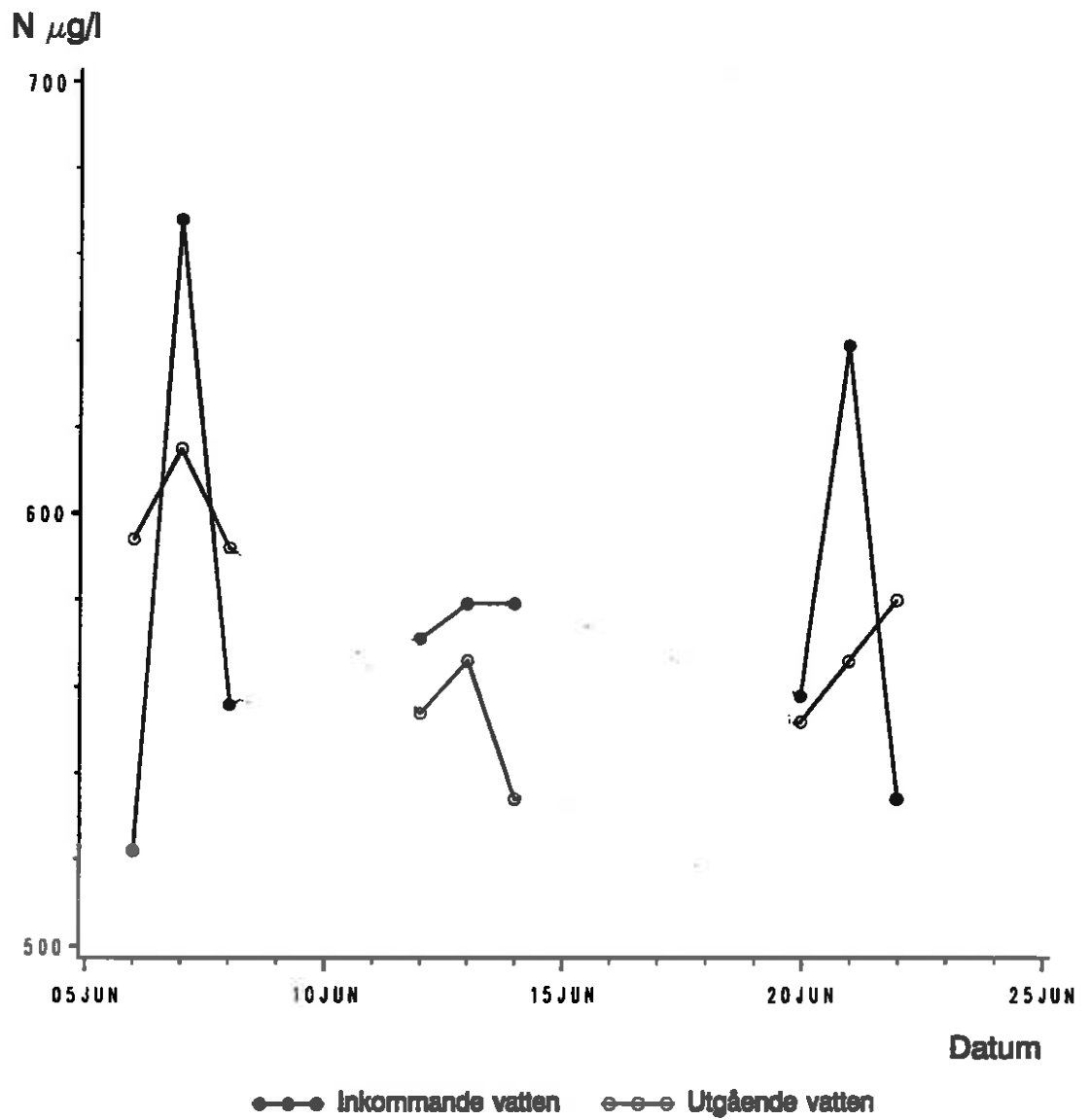


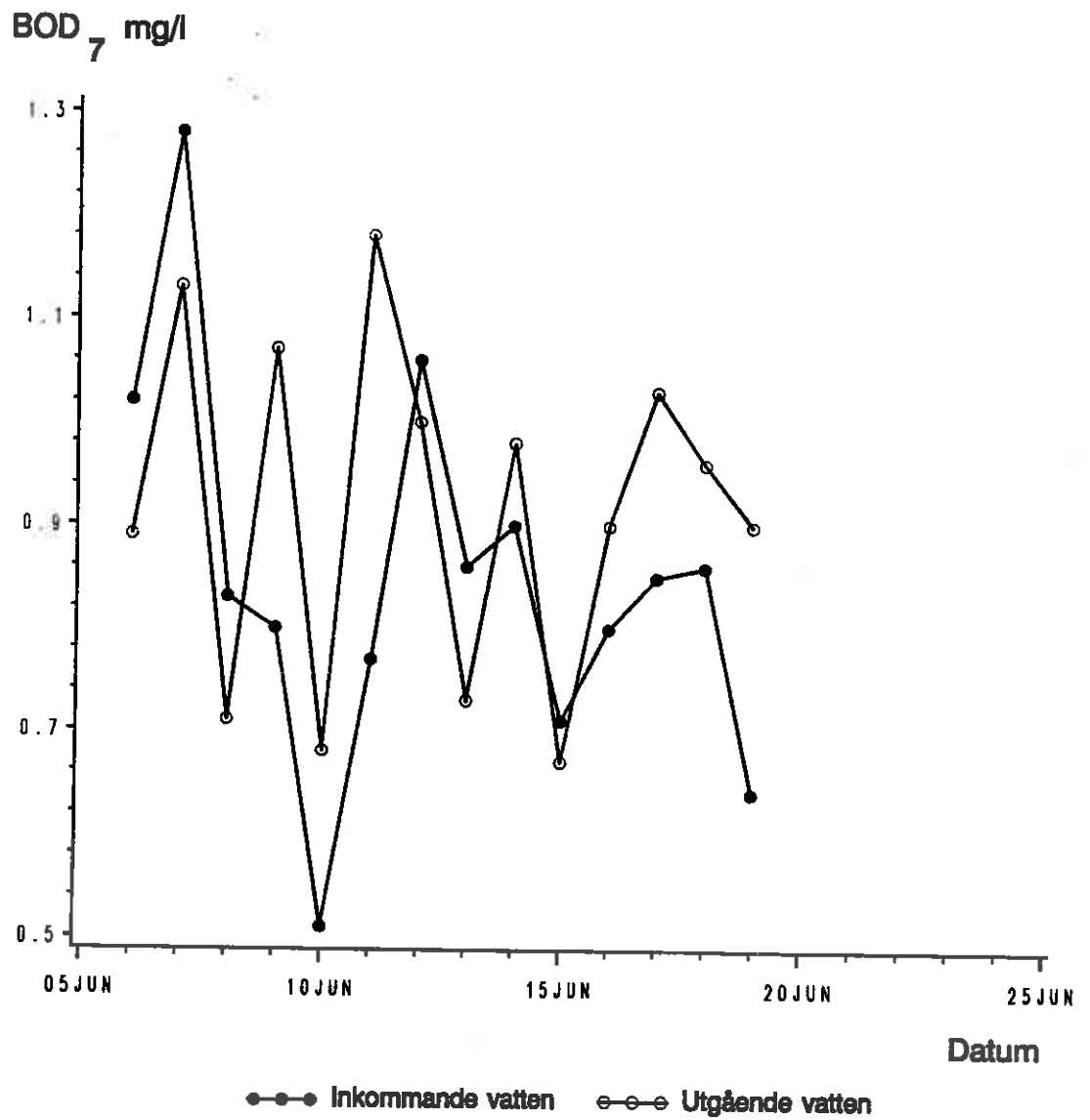
Inkommande samt utgående vattnets fosforhalt



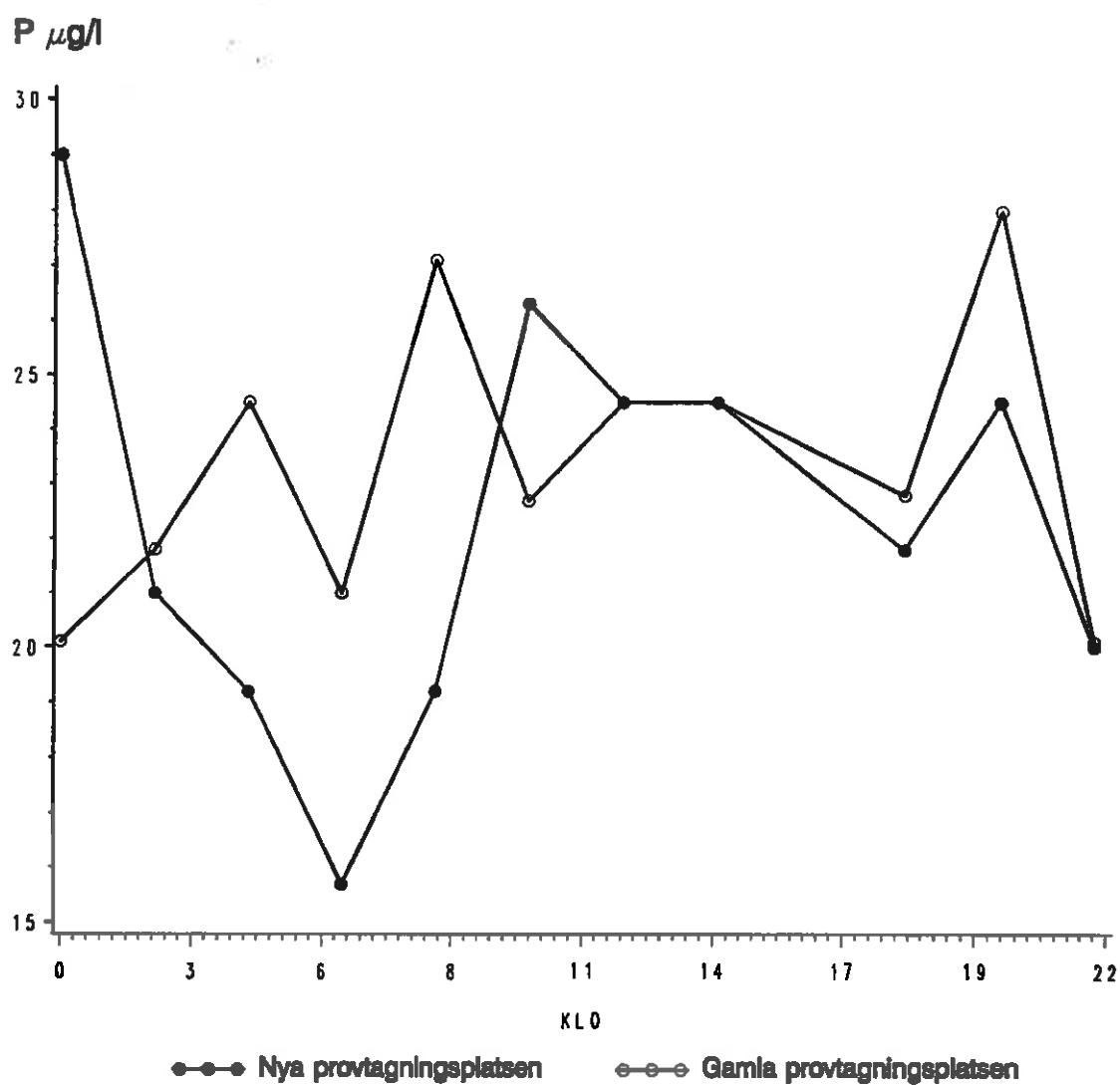
BILAGA 4.

Inkommande samt utgående vattnets kvävehalt



Inkommande samt utgående vattnets BOD₇ – värden

Resultaten från jämförandet av den gamla och nya provtagningsplatsens fosforhalt





- No. 38. AHONEN, M., JÄÄSKÖ, O., HEINIMAA, P., PASANEN, P. ja SIMOLA, O.: Inarijärveen vuosina 1972-1985 tehtyjen harrasmierien Carlin-merkintöjen tulokset (Results of Carlin tagging experiments with lake trout (*Salvelinus namaycush* (Walbaum))) in Lake Inari in 1972-1985). 53 s. Helsinki 1991.
- No. 39. LEHTONEN, H.: Suomen ja Japanin välisen elintarvikealan tutkimusyhteistyön ja tutkijavaihdon kehittämisen arviointivaltuuskunnan matka Japaniin (Report of the visit of Finnish study group to Japan for evaluating targets for advancement of scientific collaboration and exchange of scientist in food research between Finland and Japan). s. 1-12.
TUUNAINEN, P., WESTMAN, K. ja PARMANN, R.: Suomen ja Japanin kalatalouden tieteellisen ja teknisen yhteistyön kehittäminen (Possibilities to develop scientific cooperation in fisheries between Finland and Japan). s. 13-48.
RUOHONEN, K.: Japanin vesiviljelystä ja sen tutkimuksesta (Aquaculture and its research in Japan). s. 49-104.
SUURONEN, P.: Pyyntitekniikasta ja sen tutkimuksesta Japanissa (Fishing technology in Japan). s. 105-157. Helsinki 1991.
- No. 40. Rapu-Kräft-Symposium (Symposium on Crayfish). 23.-24.8.1990, Hämeenlinna. Wallin, I. ja Westman, K. (toim.). Helsinki 1991. 116 s.
- No. 41. HEIKINHEIMO-SCHMID, O., RAHKONEN, R., WESTMAN, K. and TUUNAINEN, P.: Country report of Finland for the intersessional period of the European Inland Fisheries Advisory Commission (EIFAC) 1990-1991. (Suomen kansallinen raportti Euroopan sisävesikalastuskomission (EIFAC) istuntojen väliseltä ajalta 1990-1991). 29 p. Helsinki 1992.
- No. 42. Valtion kalanviljelyn XI neuvottelupäivät. Kalatautien torjunta. Valtion kalanviljelylaitosten suunnitteluun ja rakentamiseen nykytila (State fish culture conference, No. XI. Prevention of fish diseases. The present situation in the planning and building of the state fish culture stations). 31.3.-1.4.1987, Polvijärvi. Lavikainen, R. ja Rahkonen, R. (toim.). 68 s. Helsinki 1992.
- No. 43. AHONEN, M.: Inarijärveen vuosina 1965-1986 tehtyjen merialueen Carlin-merkintöjen tulokset (Results of Carlin tagging experiments with arctic char (*Salvelinus alpinus* (L.)) in Lake Inari in 1965-1986). 38 s. Helsinki 1992.
- No. 44. SETÄLÄ, J. ja KLEMOLA, O.: Siian kalastajahirnanmuodostus Merenkurkussa (Factors affecting the price formation in the whitefish fishery in the northern Quark, the Baltic Sea). s. 1-46.
SETÄLÄ, J. ja AHLFORS, A.: Siian fileoinnin kannattavuus (Profitability of filleting whitefish (*Coregonus lavaretus* s.l.)). s. 47-77. Helsinki 1992.
- No. 45. AHVONEN, A., JUTILA, E., JÄRVENPÄÄ, T., LAPPALAINEN, A., RASK, M. ja VUORINEN, P.: Metsätalouden vaikutukset kaloihin, rapuihin ja kalatalouteen. Kirjallisuusselvitys (Effects of forestry on fish, crayfish and fishery. A review of the literature). 69 s. Helsinki 1992.
- No. 46. LECKLIN, T.: Nukutusaineiden toissijaiset fysiologiset vaikutukset järvitämisessä (The secondary physiological effects of some anesthetics on brown trout (*Salmo trutta* m. *lacustris* (L.))). 38 s. Helsinki 1992.
- No. 47. LEHTONEN, H., LAPPALAINEN, J., FORSMAN, L., SOIVIO, A., URHO, L., VUORINEN, P. J. ja TIGERSTEDT, C.: Ilmaston muutosten vaikutukset kaloihin, kalanviljelyyn, kalakantoihin ja kalastukseen. Kirjallisuusselvitys (The effects of climate change on fishes, aquaculture, fish stocks and fishing. A review of the literature). 119 s. Helsinki 1992.
- No. 48. Suunnitelma Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksen kalantutkimusosaston toiminnaksi vuodelle 1992 (Programme for the Fisheries Division of the Finnish Game and Fisheries Research Institute in 1992). s. 1-56.
Suunnitelma Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksen kalanviljelyosaston toiminnaksi vuodelle 1992 (Programme for the Aquaculture Division of the Finnish Game and Fisheries Research Institute in 1992). s. 57-86. Helsinki 1992.
- No. 49. KARTTUNEN, V. ja PRUUKI, V.: Tornionjoen lohi ja lohien kalastus (Status of the salmon stock and fisheries in the River Tornionjoki). 57 s. Helsinki 1992.
- No. 50. SALONEN, E.: Inarijärven kalataloudellinen käyttö- ja hoitosuunnitelma. Nykytila (A plan for the fisheries use and management of Lake Inari. The present stage). 157 s. Helsinki 1992.
- No. 51. TOIVONEN, A.L., HUDD, R. ja SVANBÄCK, G.: Pohjanlahden siikaloukkujen lajivalikoivisuuden kehittäminen (Reduction of salmon bycatch in whitefish trap nets in the Gulf of Bothnia (Baltic)). 46 s. Helsinki 1992.
- No. 52. SAURA, A., MIKKOLA, J. ja IKONEN, E.: Kymijoen vaelluskalastus 1989-1991 (Report on the studies of migratory fish species in River Kymijoki in 1989-1991). s. 1-79.
LEINONEN, K. ja LEHTONEN, H.: Virkistyskalastuksen motiivit (Motives for recreational fishing). s. 81-101. Helsinki 1992.
- No. 53. RUNEBERG, J.: Behandling av spillvattnen på Östra Finlands Centralfiskodlingsanstalt (Treatment of the effluent on Central Fish Culture and Fisheries Research Station for Eastern Finland). 81 s. Helsingfors 1992.

RIISTA-JA KALATALOUDEN TUTKIMUSLAITOS

**KALATUTKIMUKSIA -
FISKUNDERSÖKNINGAR**



INNEHÅLL – SISÄLTÖ – CONTENTS

RUNEBERG, J.: Behandling av spillvatten på Östra Finlands Centralfiskodlingsanstalt
(Summary: Treatment of the effluent on Central Fish Culture and Fisheries Research Station
for Eastern Finland) (Tiivistelmä: Itä-Suomen keskuskalanviljelylaitoksen poistoveden
käsittely). 81 s.

**ISSN 0787-8478
Helsinki 1992
Yliopistopaino**