

Århus, Viborg og Vejle Amtskommune

Gudenåkomitèen – Rapport nr 2



SØER I GUDENÅENS VANDSYSTEM

KVIKSØLV I FISK

FRA RING SØ, TANGE SØ OG SILKEBORG LANGSØ

1981

353 vi6

556.55

546.49

chs. 1

MILJØSTYRELSENS
FERSKVANDSLABORATORIUM

Lysbrogade 52
8600 Silkeborg
Telefon 06 - 81 07 22

31/10 83 .

RAPPORT FRA GUDENÅKOMITÉEN VEDRØRENDE

INDHOLDET AF KVIKSØLV I FISK FRA RING SØ,
SILKEBORG LANGSØ OG TANGE SØ, 1981.

VIBORG AMTSKommUNE
TEKNISK FORVALTNING
VAND- OG MILJØVÆSENET
J.NR. 8-56-21-4-3-78

KR/RJ
10.1.1982

ISBN 87-88104-47-8.

Page 1 of 1

CONFIDENTIAL - INTERNAL USE ONLY

CONFIDENTIAL - INTERNAL USE ONLY

CONFIDENTIAL - INTERNAL USE ONLY

INDHOLD	Side
1. INDLEDNING	1
2. UNDERSØGELSENS OMFANG OG METODE	2
3. RESULTATER	3
3.1. Ring sø	3
3.2. Silkeborg Langsø	5
3.3. Tange sø	7
4. VURDERING AF KVIKSØLVINDHOLDET I FISKENE	8
5. SAMMENDRAG OG KONKLUSION	10
6. LITTERATUR	11
7. FREMMEDORD	12

Bilag	1. Ring sø
	2. Silkeborg Langsø
	3. Tange sø

- 1. VORWORT
- 2. DIE ALLGEMEINE SITUATION
- 3. DIE WIRTSCHAFTSVERFAHREN
- 4. DIE WIRTSCHAFTSPOLITIK
- 5. DIE WIRTSCHAFTSRECHT
- 6. DIE WIRTSCHAFTSSTATISTIK
- 7. DIE WIRTSCHAFTSINFORMATIK
- 8. DIE WIRTSCHAFTSRECHT
- 9. DIE WIRTSCHAFTSRECHT
- 10. DIE WIRTSCHAFTSRECHT
- 11. DIE WIRTSCHAFTSRECHT
- 12. DIE WIRTSCHAFTSRECHT
- 13. DIE WIRTSCHAFTSRECHT
- 14. DIE WIRTSCHAFTSRECHT
- 15. DIE WIRTSCHAFTSRECHT
- 16. DIE WIRTSCHAFTSRECHT
- 17. DIE WIRTSCHAFTSRECHT
- 18. DIE WIRTSCHAFTSRECHT
- 19. DIE WIRTSCHAFTSRECHT
- 20. DIE WIRTSCHAFTSRECHT

1. INDLEDNING

Ved Gudenåundersøgelsen 1973-75 blev der foretaget undersøgelse af kviksølvbelastning af sediment og fisk i forskellige dele af Gudenåsystemet (rapport nr. 31). Undersøgelserne viste, at der var sket en markant nedgang i kviksølvkoncentrationer i fisk i forhold til niveauet i 1968, hvor der var undersøgt fisk fra Silkeborg Langsø og Tange sø. Undersøgelserne af sediment fra Tange sø, Silkeborg Langsø og Ring sø viste et forhøjet kviksølvniveau som følge af udledning af kviksølvholdigt spildevand fra Kjellerup sygehus, Silkeborg papirfabrik og Brædstrup sygehus. På baggrund af resultaterne blev det tilrådt at gennemføre en kontrolundersøgelse efter en 5 års periode. I indeværende rapport gennemgås resultatet af en undersøgelse, som Gudenåkomitéens teknikergruppe har udført i 1981 af kviksølvbelastning i fisk i Tange sø, Silkeborg Langsø og Ring sø.

Rapporten "Kviksølv i Fisk" blev den 19. april 1982 godkendt af Gudenåkomitéen, og det vedtoges at udsende denne som Gudenåkomitéens rapport nr. 2.

K.E. Særkjær
formand for
Gudenåkomitéen

2. UNDERSØGELSENS OMFANG OG METODE

Fiskematerialet blev indfanget ved anvendelse af elektrofiske-ri og monofile forsøgsnedgarn i perioden august-oktober i de 3 søer. I tabel 1 er vist antallet af fisk, og hvilke fiskearter der er undersøgt i de enkelte søer.

I alt 43 fisk er analyseret for kviksølvindhold. For gedders og aborrers vedkommende er bestemt længde, vægt og køn, medens der for ålene kun er bestemt længde og vægt.

Dato	Sø	Gedde	Aborre	Ål	I alt
20/8-1981	Ring sø	7	10	0	17
9/9-1981	Silkeborg Langsø *	5	0	11	16
15/10-1981	Tange sø *	5	0	5	10
I alt		17	10	16	43

* Samme lokaliteter som ved tidligere undersøgelser.

Tabel 1. Oversigt over undersøgte antal og fiskearter, 1981.

Kviksølvanalysen er bestemt på fiskemuskel og analysen foretaget på Hedeselskabet med stikprøvekontrol på Isotopcentralen, ATV. Som metode er anvendt atomabsorption.

3. RESULTATER

I bilag 1, 2 og 3 er angivet samtlige data for de undersøgte fisk fra henholdsvis Ring sø, Silkeborg Langsø og Tange sø.

3.1 RING SØ

I fig. 1 er vist kviksølvkoncentrationen som funktion af fiskevægt i Ring sø for aborre. I figuren er indtegnet den fundne relation ved undersøgelsen i Silkeborg Langsø i 1968. De 2 regressionslinier er stort set sammenfaldende.

Den gennemsnitlige koncentration i aborre i Ring sø 1981 er 292 μg pr. kg fisk.

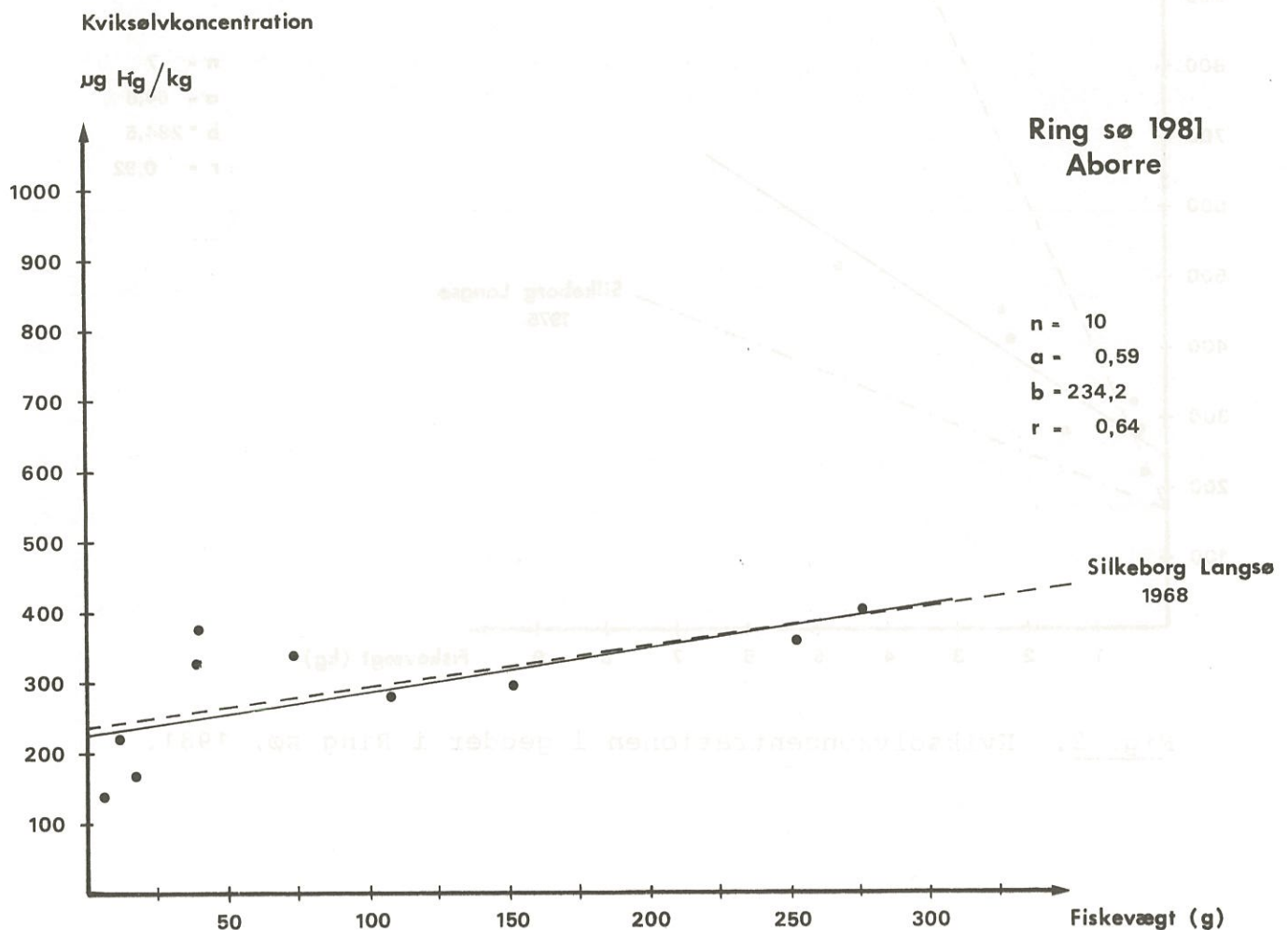


Fig. 1. Kviksølvkoncentration i aborre fra Ring sø, 1981.

- n = antal værdier
- a = regressionsliniens hældning
- b = akseafskæringsværdi
- r = korrelationskoefficient

I fig. 2 er vist kviksølvkoncentrationen som funktion af vægt hos gedder fra Ring sø sammenholdt med de tilsvarende relationer for 1968 og 1975 i Silkeborg Langsø. Regressionslinien for Ring sø i 1981 viser en svagere akkumulering, end tilfældet var i Silkeborg Langsø i 1968, men større end niveauet i 1975.

Den gennemsnitlige kviksølvkoncentration i gedder fra Ring sø var 356 $\mu\text{g Hg/kg}$.

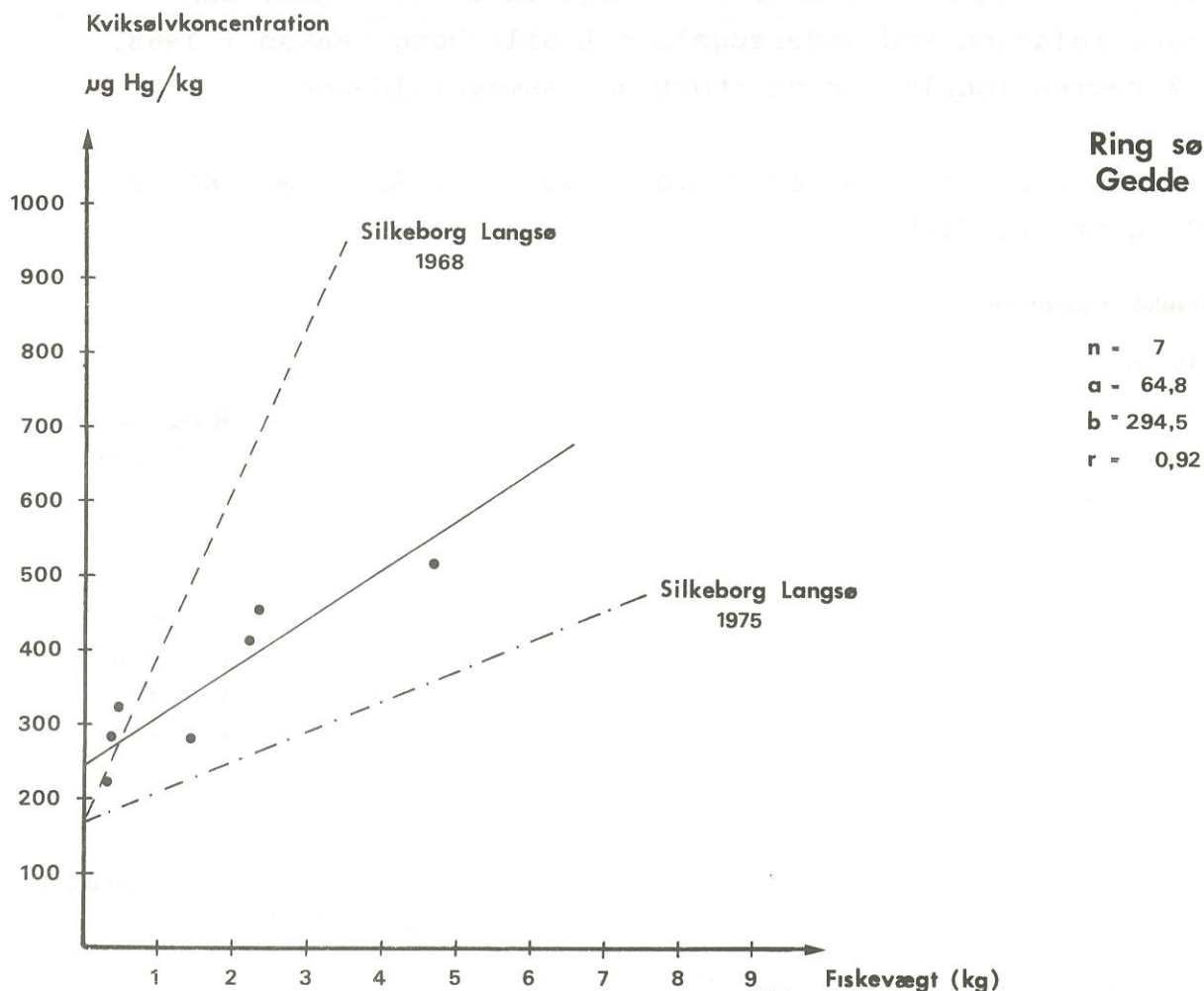


Fig. 2. Kviksølvkoncentrationen i gedder i Ring sø, 1981.

3.2 SILKEBORG LANGSØ

I fig. 3 er vist kviksølvkoncentration i gedder som funktion af fiskevægt i materiale, indsamlet 1981. Til sammenligning er indtegnet regressionslinierne for årene 1975 og 1968; det fremgår, at niveauet for 1981 er væsentligt lavere end ved de 2 foregående undersøgelser.

Den gennemsnitlige kviksølvkoncentration i gedder i Silkeborg Langsø var i 1981 103 $\mu\text{g Hg/kg}$.

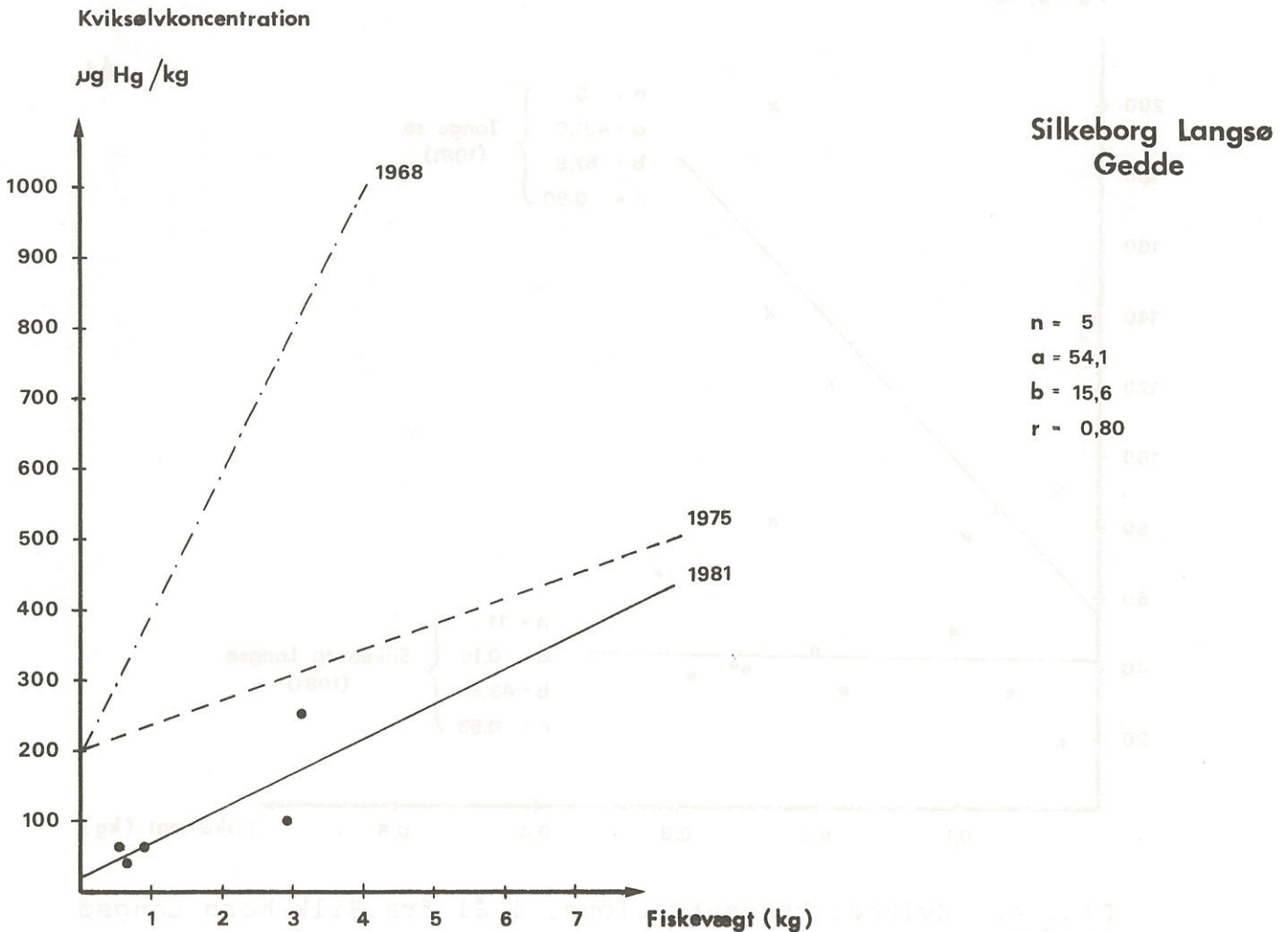


Fig. 3. Kviksølvkoncentrationer i gedder fra Silkeborg Langsø.

I fig. 4 er vist kviksølvkoncentrationen som funktion af fiskevægt hos ål, fanget i Silkeborg Langsø i 1981. I samme figur er vist regressionslinien for ålematerialet for 1981 fra Tange sø, idet der fra tidligere undersøgelser ikke foreligger vægtdata for de undersøgte ål. Af figuren fremgår, at ål i Silkeborg Langsø indeholder væsentligt mindre kviksølv end ål i Tange sø.

Gennemsnitskoncentrationen af kviksølv i ålene fra Silkeborg Langsø var $47 \mu\text{g Hg/kg}$ og fra Tange sø $125 \mu\text{g Hg/kg}$.

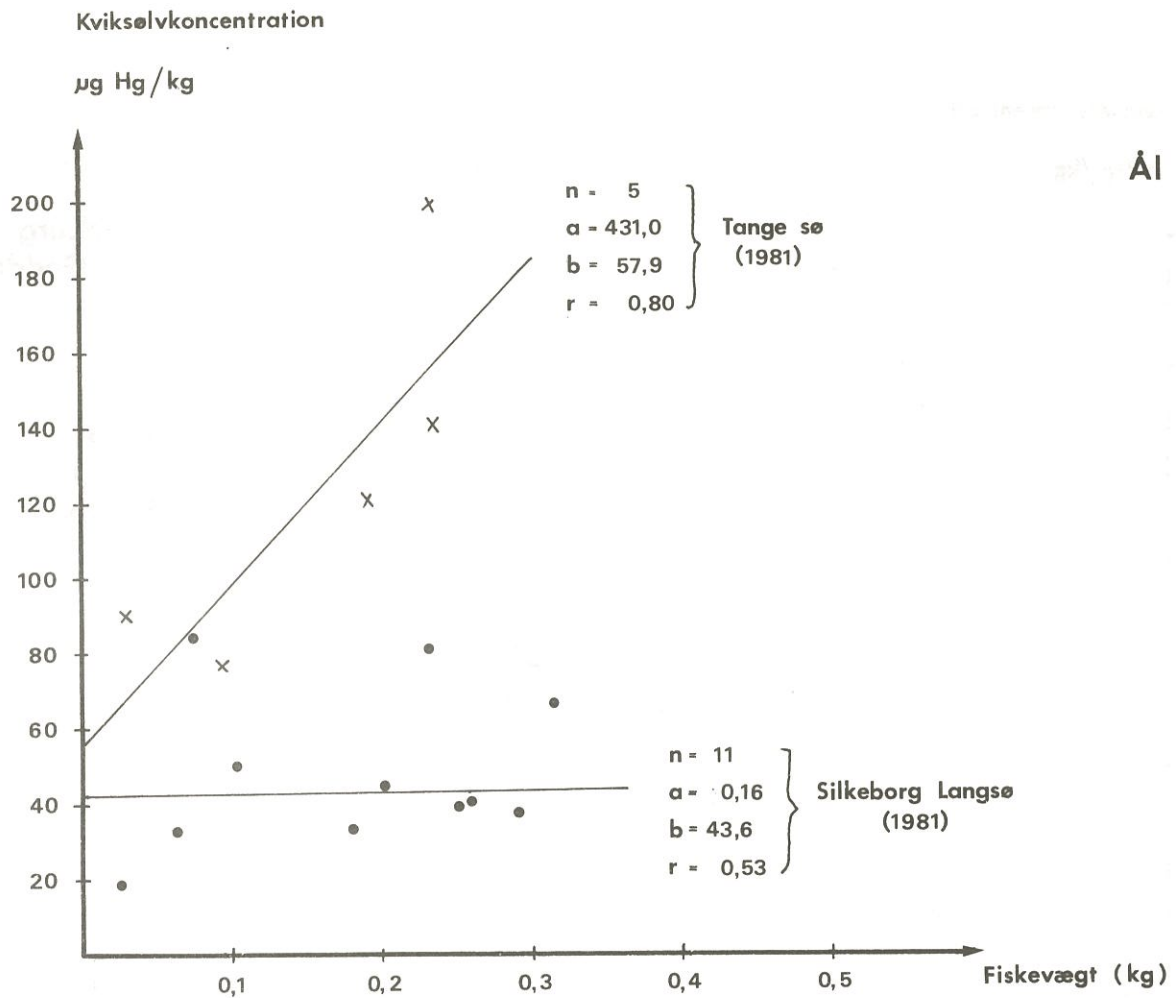


Fig. 4. Kviksølvkoncentrationer i ål fra Silkeborg Langsø og Tange sø, 1981.

3.3 TANGE SØ

Af fig. 5 fremgår kviksølvkoncentrationen som funktion af fiskevægt hos gedder, fanget i Tange sø 1981. Til sammenligning er vist regressionslinien for sammenhængen i 1975. Det fremgår, at kviksølvbelastningen i 1981 er væsentligt lavere end i 1975.

Gennemsnitskoncentrationen af kviksølv i gedder fra Tange sø i 1981 var 54,6 $\mu\text{g Hg/kg}$.

Resultaterne af undersøgelser af ål er omtalt i foregående afsnit.

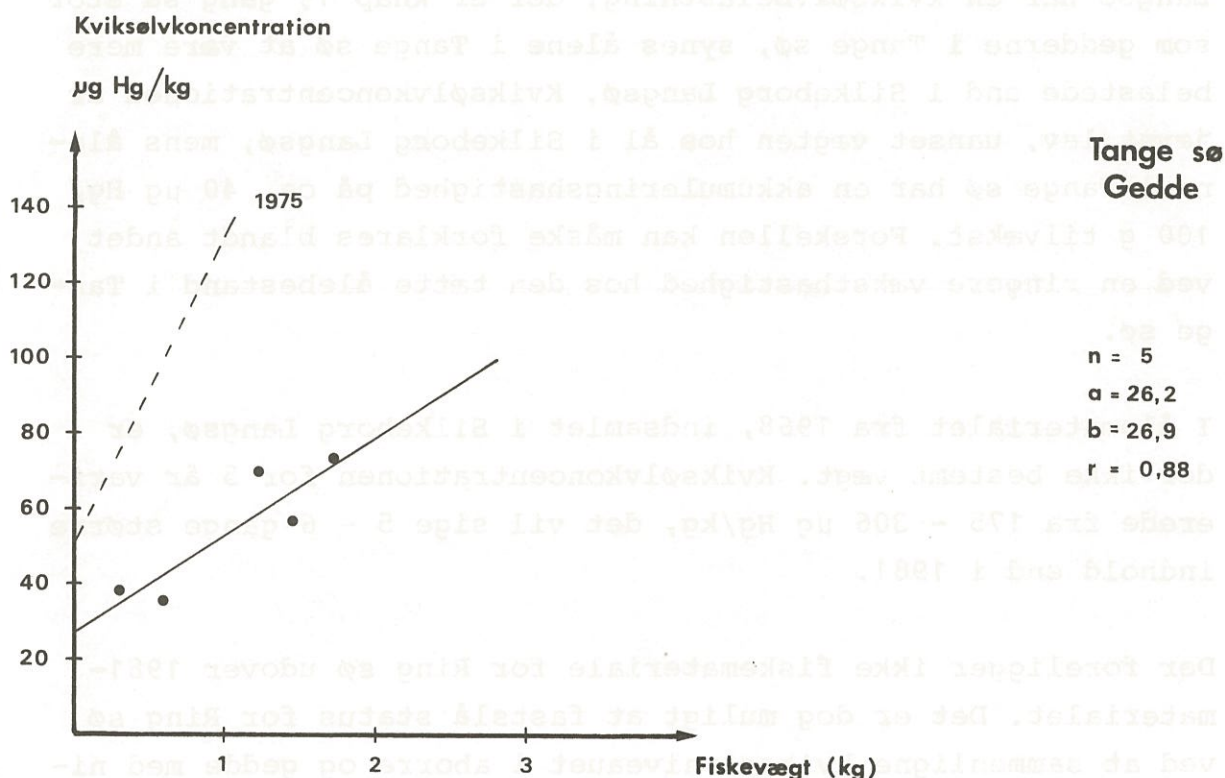


Fig. 5. Kviksølvkoncentration i gedder fra Tange sø, 1981.

4. VURDERING AF KVIKSØLVINDHOLDET I FISK FRA DE TRE SØER.

De 3 undersøgte søer er tidligere fundet at være de mest belastede med kviksølv af søer i Gudenåsystemet. Den udvikling, der kan iagttages i disse søer, kan med rimelig sikkerhed tages som udtryk for udviklingen i det meste af Gudenåsystemet.

I Silkeborg Langsø og Tange sø er udviklingen fortsat i retning mod mindre kviksølvbelastning af fiskene. I Silkeborg Langsø er kviksølvindholdet i 1971 $\frac{1}{2}$ - $\frac{1}{3}$ af niveauet i 1975 og $\frac{1}{3}$ - $\frac{1}{5}$ af niveauet i 1968. I Tange sø er indholdet i 1981 $\frac{1}{2}$ - $\frac{1}{3}$ af niveauet i 1975. Mens gedderne i Silkeborg Langsø har en kviksølvbelastning, der er knap $1\frac{1}{2}$ gang så stor som gedderne i Tange sø, synes ålene i Tange sø at være mere belastede end i Silkeborg Langsø. Kviksølvkoncentrationen er jævnt lav, uanset vægten hos ål i Silkeborg Langsø, mens ålene i Tange sø har en akkumuleringshastighed på ca. 40 $\mu\text{g Hg}/100 \text{ g}$ tilvækst. Forskellen kan måske forklares blandt andet ved en ringere væksthastighed hos den tætte ålebestand i Tange sø.

I ålematerialet fra 1968, indsamlet i Silkeborg Langsø, er der ikke bestemt vægt. Kviksølvkoncentrationen for 5 år varierede fra 175 - 306 $\mu\text{g Hg}/\text{kg}$, det vil sige 5 - 6 gange større indhold end i 1981.

Der foreligger ikke fiskemateriale for Ring sø udover 1981-materialet. Det er dog muligt at fastslå status for Ring sø ved at sammenligne kviksølvniveauet i aborre og gedde med niveauet i fisk fra Silkeborg Langsø og Tange sø fra tidligere undersøgelser. Aborrer i Ring sø indeholder stort set samme mængde kviksølv i 1981, som aborrer gjorde i Silkeborg Langsø i 1968. Da væksthastighederne synes at være identiske, er akkumuleringshastighederne af samme størrelsesorden. Ud fra analyserne af gedderne synes niveauet at være beliggende mellem tilstanden i 1968 og 1975. En samlet vurdering af kviksølvkoncentrationerne antyder, at Ring sø's kviksølvforurening befin-

der sig på et niveau, som fandtes i Silkeborg Langsø i begyndelsen af 70'erne.

Ring sø er den sværest belastede sø af de 3 undersøgte. Ring sø har i mange år været recipient for spildevand fra Brædstrup by. I 1970 blev opført et mekanisk/biologisk renseanlæg, og spildevandet blev afskåret. Vandudskiftningen er meget ringe - 1-2 år -, hvilket forklarer, at kviksølvindholdet kun langsomt reduceres i søen. Kviksølvakkumuleringen når imidlertid næppe op i nærheden af den i Danmark i praksis benyttede grænse på 1 mg/kg. Af undersøgelserne fremgår, at der dog er gedder i søen, der indeholder mere end 0,5 mg Hg/kg, det vil sige har koncentrationer, der overskrider normerne i Canada og USA.

5. SAMMENDRAG OG KONKLUSION

I Ring sø, Silkeborg Langsø og Tange sø er bestemt kviksølvindholdet i fisk. I Ring sø fandtes gennemsnitligt knap 300 µg Hg/kg aborre og 365 µg Hg/kg gedde. I Silkeborg Langsø fandtes ca. 100 µg Hg/kg gedde og knap 50 µg Hg/kg ål. I Tange sø indeholdt gedder godt 50 µg Hg/kg, mens ålene indeholdt ca. 125 µg Hg/kg. I både Silkeborg Langsø og Tange sø var kviksølvindholdet i fisk i 1981 væsentligt lavere end ved undersøgelser, foretaget i 1968 og 1975. Kviksølvindholdet i Ring sø synes at være på et niveau svarende til tilstanden i Silkeborg Langsø i begyndelsen af 70'erne. Selv om kviksølvindholdet er forholdsvis højt i fisk i Ring sø, er det tvivlsomt, om der er fisk, der indeholder mere end 0,5 mg Hg/kg - en grænse, der anvendes i Canada og USA. Herhjemme anvendes 1 mg Hg/kg som grænseværdi.

6. LITTERATUR

OROLISTE

Isotopcentralen (1976): Kviksølv i sediment og fisk. Gudenåundersøgelsen 1973-75. Rapport nr. 31.

- metode til analyse for tungmetaller	Attaarsbortion
- enkeltstående data	Monofili
- mikro gram (1 g = 1.000.000 µg)	µg
- metoder, f. eks. vandprøve, vedv. løb, sø, hav, som metoder kendt eller uret oplyst	Resipient
- linie, som i henhold til statistiske metoder (f. eks. mindste kvadrater metode) kan lægges gennem en række punkter. Således punkterne giver sig "passende navn" og linien, kan linien bruges til at finde et eller en sammenhæng mellem punkterne.	Regressionslinje
- de enkelte punkterne ligger ved 11-12, desto bedre er regressionen. Dette noteres ved at regne en korrelationskoefficient, r (som betegner ud fra de statistiske forudsætninger), nærmer sig 1 eller -1.	
- bundkarakterer i en sø, vandløb eller havområde.	Sediment

7. ORDLISTE

- Akkumulere - ophobe
- Atomabsorbtion - metode til analuse for tungmetaller
- Monofil - enkelttrådet garn
- μg - mikro gram (1 g = 1.000.000 μg)
- Recipient - modtager, f.eks. vandområde, vandløb, sø, hav, som modtager rensset eller urensset spildevand
- Regressionslinie - linie, som i henhold til statistiske metoder (f.eks. mindste kvadraters metode) kan lægges gennem en punktskare. Såfremt punkterne grupperer sig "passende nævnt" om linien, kan linien bruges til at illustrere en sammenhæng mellem punkterne.
- Jo tættere punkterne ligger ved linien, desto bedre er regressionen. Dette udtrykkes ved, at regressionskoefficienten, r (som beregnes ud fra de statistiske forudsætninger), nærmer sig 1 eller -1.
- Sediment - bundmaterialer i en sø, vandløb eller havområde.

BILAGSFORTEGNELSE

- 1 Ring Sø
- 2 Silkeborg Langsø
- 3 Tange Sø

INDEX

1	2
1	2
2	3

Bilag 1

Ring Sø 20/8-81Aborre

No	længde (cm)	vægt (kg)	køn	alder (år)	µgHg/kg
1	27,0	0,275	♀	6	400
2	26,5	0,251	♀	5	360
3	23,5	0,151	♀	5	300
4	21,0	0,114	♀	4	280
5	18,5	0,073	♀	3	340
6	15,5	0,039	♂	2	380
7	15,5	0,039	♂	2	330
8	11,5	0,017	♀	1	170
9	13,0	0,022	♂	1	220
10	10,0	0,011	♂	1	140

Gedde

No	længde (cm)	vægt (kg)	køn	alder (år)	µgHg/kg
1	86,5	4,601	♀	10	530
2	65,5	2.280	♂	8	450
3	67,0	2.189	♂	8	410
4	56,0	1,419	♀	6	280
5	39,5	0,402	♂	3	320
6	37,0	0,314	♂	2	280
7	34,0	0,256	♂	2	220

Year	Country	Population (millions)	Urban population (millions)	Rural population (millions)	Urban population (%)	Rural population (%)
2000	USA	281.0	210.0	71.0	74.9	25.1
2001	USA	282.0	211.0	71.0	75.0	25.0
2002	USA	283.0	212.0	71.0	75.0	25.0
2003	USA	284.0	213.0	71.0	75.0	25.0
2004	USA	285.0	214.0	71.0	75.0	25.0
2005	USA	286.0	215.0	71.0	75.0	25.0
2006	USA	287.0	216.0	71.0	75.0	25.0
2007	USA	288.0	217.0	71.0	75.0	25.0
2008	USA	289.0	218.0	71.0	75.0	25.0
2009	USA	290.0	219.0	71.0	75.0	25.0
2010	USA	291.0	220.0	71.0	75.0	25.0
2011	USA	292.0	221.0	71.0	75.0	25.0
2012	USA	293.0	222.0	71.0	75.0	25.0
2013	USA	294.0	223.0	71.0	75.0	25.0
2014	USA	295.0	224.0	71.0	75.0	25.0
2015	USA	296.0	225.0	71.0	75.0	25.0
2016	USA	297.0	226.0	71.0	75.0	25.0
2017	USA	298.0	227.0	71.0	75.0	25.0
2018	USA	299.0	228.0	71.0	75.0	25.0
2019	USA	300.0	229.0	71.0	75.0	25.0
2020	USA	301.0	230.0	71.0	75.0	25.0

Silkeborg Langsø 9/9-81Gedde

No	længde (cm)	vægt (kg)	køn	alder (år)	µgHg/kg
1	42,5	0.552	♂	3	64
2	50,0	0.882	♀	5	59
3	46,5	0.636	♀	5	40
4	76,0	3.081	♂	9	250
5	71,5	2.897	♀	9	100

Ål

No	længde (cm)	vægt (kg)	µgHg/kg
1	53,0	0.291	36
2	52,0	0.266	39
3	52,0	0.254	38
4	49,0	0.204	42
5	43,0	0.181	31
6	55,5	0.316	65
7	51,5	0.232	80
8	36,0	0.076	84
9	41,0	0.104	50
10	32,0	0.064	32
11	25,5	0.030	19

STATE OF TEXAS

1907

County	Area	Value	Assessment	Rate
100	100	100.00	100.00	1.00
101	101	101.00	101.00	1.01
102	102	102.00	102.00	1.02
103	103	103.00	103.00	1.03
104	104	104.00	104.00	1.04

105	105	105.00	105.00	1.05
106	106	106.00	106.00	1.06
107	107	107.00	107.00	1.07
108	108	108.00	108.00	1.08
109	109	109.00	109.00	1.09
110	110	110.00	110.00	1.10
111	111	111.00	111.00	1.11
112	112	112.00	112.00	1.12
113	113	113.00	113.00	1.13
114	114	114.00	114.00	1.14
115	115	115.00	115.00	1.15
116	116	116.00	116.00	1.16
117	117	117.00	117.00	1.17
118	118	118.00	118.00	1.18
119	119	119.00	119.00	1.19
120	120	120.00	120.00	1.20

Tange Sø 15/10-81Gedde

No	længde (cm)	vægt (kg)	køn	alder (år)	µgHg/kg
1	36,0	0.289	♂	2	38
2	46,0	0.604	♀	2	35
3	59,5	1.739	♀	5	74
4	57,0	1.454	♀	7	56
5	56,0	1.211	♂	6	70

Ål

No	længde (cm)	vægt (kg)	µgHg/kg
1	61,5	0.231	200
2	47,5	0.192	120
3	38,0	0.094	75
4	51,5	0.233	140
5	28,5	0.029	90

Table of Contents

Page

Section	Page	Section	Page	Section	Page
Introduction	1	Chapter 1	10	Chapter 2	20
Chapter 3	30	Chapter 4	40	Chapter 5	50
Chapter 6	60	Chapter 7	70	Chapter 8	80
Chapter 9	90	Chapter 10	100	Chapter 11	110
Chapter 12	120	Chapter 13	130	Chapter 14	140
Chapter 15	150	Chapter 16	160	Chapter 17	170
Chapter 18	180	Chapter 19	190	Chapter 20	200

Table of Contents

Page