

VBB VIAK

OSKARSHAMNS KOMMUN

OSKARSHAMNS HAMNBASSÄNG

**Beräkning av transport av tungmetaller från Oskarshamns
hamn bassäng**

Stockholm 1998-12-30

Uppdragsnummer 115.4032.000

Beräkning av transport av tungmetaller - Oskarshamns hamnbassäng

Innehåll

1 Beräkning av masstransporter	2
1.1 Provtagningsdata	2
1.2 Regressionsanalys	3
1.2.1 Analysmetod	3
1.2.2 Analysresultat	4
1.3 Transportberäkning	5
1.3.1 Beräkningsmetod för transporter	5
1.3.2 Resultat	5
1.3.3 Diskussion	7

Bilagor

- Bilaga 1 skiss över modellområdet med provtagningspunkter och tvärsnitt för beräkning av vattenutbyte (flöde). *1 sida*
- Bilaga 2 redovisning av de framtagna koncentrationsmodellerna och jämförelser mellan beräknade och uppmätta halter. *9 sidor*
- Bilaga 3 redovisning av beräknade månadsvärden för transporten av varje ämne. *3 sidor*

1 Beräkning av masstransporter

En beräkning av transporterade ämnen från de yttre och inre hamnbassängerna i Oskarshamn har gjorts för år 1997. I detta arbete har använts en koncentrationsmodell för transportererna baserat på en regressionsanalys för provtagningsresultaten i ytvattnet från 1997 och 1998 samt SMHIs beräknade dygnsflöden för 1997.

De studerade ämnena är Cu, As, Ni, Zn, Hg, Co, Cr, Cd och Pb.

1.1 Provtagningsdata

Analysresultaten som använts i studien härrör från provtagning vid datum enligt nedanstående.

1997-09-17
1997-10-10
1997-10-27
1997-11-17
1997-12-09
1998-06-11
1998-07-02

Tabell 1. Provtagningsstillfällen

Proven är tagna vid ytan och analyserade på totalinnehållet av ovanstående ämnen.

Provtagningspunkterna redovisas i bilaga 1. Det skall nämnas att provtagningspunkten representerande inre hamnbassängen flyttades från att 1997 ha legat i inre bassängen vid Rävnauset (punkt 2 i bilaga 1) till en punkt vid inloppet till inre bassängen (punkt 4 i bilaga 1) för 1998. För yttre hamnbassängen (punkt 3) var läget detsamma för 1997 och 1998.

Flödet är beräknat av SMHI över följande tvärsnitt:

Flödestvärsnitt	Läge
1	Inlopp inre hamnbassäng
2	Yttre bassäng söder om Grimskallen (N inloppet)
3	Yttre bassäng, mellan vågbrytarna
4	Yttre bassäng, öster om Tälleskär (S inloppet)

1.2 Regressionsanalys

1.2.1 Analysmetod

Det har vid regressionsanalysen antagits att halten av respektive ämne har kunnat beskrivas som en funktion av två sinsemellan oberoende parametrar; vattenomsättningen under provtagningsdygnet i inre resp yttre bassängen samt vattentemperaturen i ytan vid respektive provtagningspunkt.

Funktionen kan beskrivas enligt nedanstående generella formulering

$$\ln(c) = \ln(a_{Q,T}) + b_Q \cdot \ln(Q) + b_T \cdot T \quad \dots (1)$$

där c är halten av ämnet, $a_{Q,T}$, b_Q , b_T är konstanter samt Q är vattenomsättningen och T är temperaturen. $a_{Q,T}$, b_Q och b_T bestäms genom regressionsanalys.

Som temperaturvärden har de uppmätta temperaturerna vid provtagningen använts. Som Q -värden har den beräknade omsättningen i bassängerna bestämts på följande sätt:

	Q_{inre}	Q_{yttre}
Tvärsnittsflöden	Q_{UT1}	$Q_{UT1} + Q_{IN2} + Q_{IN3} + Q_{IN4}$

Vid analysen har i första hand en stegvis enkel linjär regressionsanalys använts. Stegen i analysen har varit:

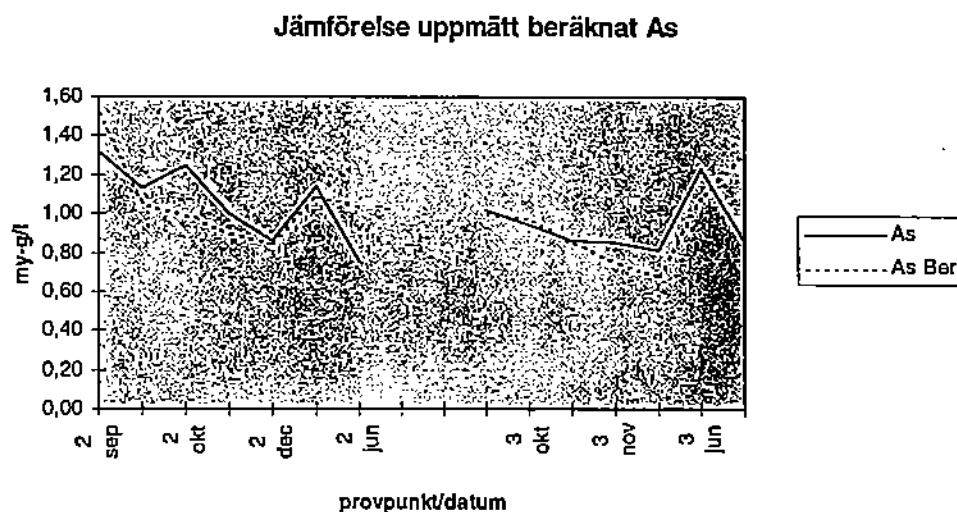
1. Linjär regression mot temperatur, bestämning av b_T
2. Linjär regression mot vattenomsättning, bestämning av b_Q
3. Beräkning av $a_{Q,T}$ för varje provtagningstillfälle mha ekvation (1) ovan
4. Medelvärdesbildning av $a_{Q,T}$
5. Resultaten från ovanstående steg sammansattes till en koncentrationsmodell över varje ämne i enlighet med ekvation 1 ovan
6. Kontroll av koncentrationsmodell genom beräkning av halt för respektive provtagningstillfälle, punkt och ämne, samt jämförelse mot de uppmätta värd S ena.

Outliers har sorterats bort ur analysen.

En alternativ metod är att göra en multipel regressionsanalys direkt, vilket dock ger sämre möjligheter till grafisk tolkning av regressionsanalysen för utsortering av outliers etc. Denna metod har testats och resultaten är mycket lika de som uppnåtts med den ovan beskrivna metoden.

1.2.2 Analysresultat

I bilaga 2 redovisas de framtagna koncentrationsmodellerna och jämförelser mellan beräknade och uppmätta halter. Ett exempel visas nedan i figur 1.



Figur 1. Jämförelse mellan koncentrationsmodellen och uppmätta halter för arsenik

Generellt kan sägas att koncentrationsmodellerna uppvisar stor känslighet för vattentemperaturen och att de beräknade halterna kan öka med två tiopotenser för temperaturökningar från $+1^{\circ}$ till $+20^{\circ}$. Samma storleksordning hittar man dock även i de uppmätta halterna.

Detta medför att eventuella osäkerheter i vattentemperaturen framräknad i strömningsmodellen påverkar resultaten kraftigt. Den metod som bygger på den rent multipla regressionsanalysen har för några ämnen visat sig mindre känslig för temperaturen. Denna metod har därför använts för Ni och Zn. Detta efter att jämförelser med tidigare beräkningar på innehållet av dessa ämnen i sedimenten pekat på att transporterna av dessa ämnen kan ha överskattats med den ursprungliga metoden, byggande på enkel stegvis regression.

1.3 Transportberäkning

1.3.1 Beräkningsmetod för transporter

För att beräkna transporter ut och in i de inre respektive yttre hamnbassängerna har följande metod använts.

1. Koncentrationen för varje ämne i inre och yttre bassängerna har beräknats mha koncentrationsmodellerna för varje dygn under 1997. Indata har här varit beräknad temperatur från SMHIs modell samt beräknad vattenomsättning i bassängerna enligt metod beskriven ovan.
2. Uttransporten dygnsvis från inre bassängen har beräknats såsom $M_{UT} = C_{BER, INRE} * Q_{UT1}$, transporten ut från yttre bassängen såsom $C_{BER, YTTRE} * (Q_{UT2} + Q_{UT3} + Q_{UT4})$.
3. Intransporten dygnsvis till inre bassängen har beräknats såsom $M_{IN} = C_{KUST} * Q_{IN1}$, transporten in i yttre bassängen såsom $C_{KUST} * (Q_{IN2} + Q_{IN3} + Q_{IN4})$. C_{KUST} är ett sk "kustvärde" som är ett schablonvärde för halten i havet utanför yttre bassängen.
4. Nettotransporten dygnsvis har beräknats såsom $M_{NETTO} = M_{UT} - M_{IN}$

På inrådan från SMHi har flödena under vissa perioder justerats ned. De beräknade flödesvärdena är troligen för höga under dessa perioder vilket beror på att temperaturindata till modellen ej varierar kontinuerligt utan gör kraftiga hopp på vissa ställen i indatatidserien. Därmed skapas kraftiga flöden i modellen p.g.a. densitetsskillnader (lock-exchange-effect) vilka ej är realistiska. Detta gäller perioderna:

1997-05-19 t om 1997-05-23

1997-06-19 t om 1997-06-22

1997-09-14 t om 1997-09-18

1.3.2 Resultat

I bilaga 3 redovisas beräknade månadsvärden för transporten av varje ämne.

Det kan noteras att de beräknade mängderna på årsbasis för ämnena i de flesta fall är högre än de uppskattningar som tidigare gjorts.

I tabell 2a respektive 2b redovisas en jämförelse med tidigare uppskattningar av de transporterade årsmängderna, samt med de tidigare uppskattningarna av mängderna i sedimenten.

	INRE HAMN	YTTRE HAMN	INRE HAMN		YTTRE HAMN		INRE HAMN	INRE HAMN	YTTRE HAMN
	BERÄKNAD NETTO (kg/år)	NETTO (kg/år)	TIDIGARE BERÄKNING NETTO (kg/år)	NETTO (kg/år)	TIDIGARE BERÄKNING 1998 NETTO (kg/år)	NETTO (kg/år)	NETTO (kg/år)	Kg	kg
							Tidigare uppskattning 7.5m ³ /a (17.5m ³ /a)	Sediment 0-20 cm	
Pb	1951	3254	jul-98 jun-98	657 7350	37 11315		7-450 (19-1040)	15670	16171
Cd	81	92	jul-98 jun-98	73 182	38 328		6-37 (14-86)	160	139
Zn	24278	10538	jul-98 jun-98	4330 101470	988 19925		430-5440 (1000-12600)	48800	48644
Cu	4194	6589	jul-98 jun-98	1460 22265	1480 30660		200-950 (485-2200)	26357	27238
Cr	19	44						1033	1882
Hg	cirka 1	cirka 3					0.07-0.95 (0.2-2.2)	27	46
Ni	6093	2438	jul-98 jun-98	402 15695	657 63145		150-390 (250-890)	1350	1859
Co	60	120	jul-98 jun-98	475 949	1022 1862		190-340 (440-790)	830	1225
As	455	1070						1622	2819

Tabell 2a. Beräknade årstransporter, jämförelser med tidigare beräkningar och uppskattningar av transporter och innehåll i sedimentet.

	INRE HAMN BRUTTO (kg/år)	YTTRE HAMN BRUTTO (kg/år)
Susp	1823528	1959680
Pb	1389	373
Cd	13	3
Zn	2649	752
Cu	1657	441
Cr	57	29
Hg	3,2	1,0
Ni	65	30
Co	67	38
As	218	62

Tabell 2b. Uppskattningar av årlig sedimentation.

1.3.3 Diskussion

Koncentrationsmodellerna har över lag uppvisat bättre överensstämmelse med uppmätta halter än man efter förutsättningarna kunde förvänta. Grova förenklingar och vissa osäkerheter finns naturligtvis i dessa beroende på de antaganden man gör om orsak och verkan samt inte minst beroende på det begränsade antalet prover man haft till buds för analysen.

Som nämnts finns en stor känslighet för temperaturen i koncentrationsmodellerna och temperaturen från modellen bygger på ett fåtal uppmätta temperaturer under året (månadsvärden). Beräkningarna bygger till mycket stor del på de beräknade flödena och temperaturerna från SMHIs modell och hur pass väl verifierad denna modell är blir också avgörande för trovärdigheten i beräkningarna av transporter.

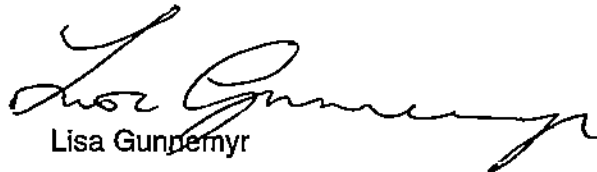
VBB VIAK

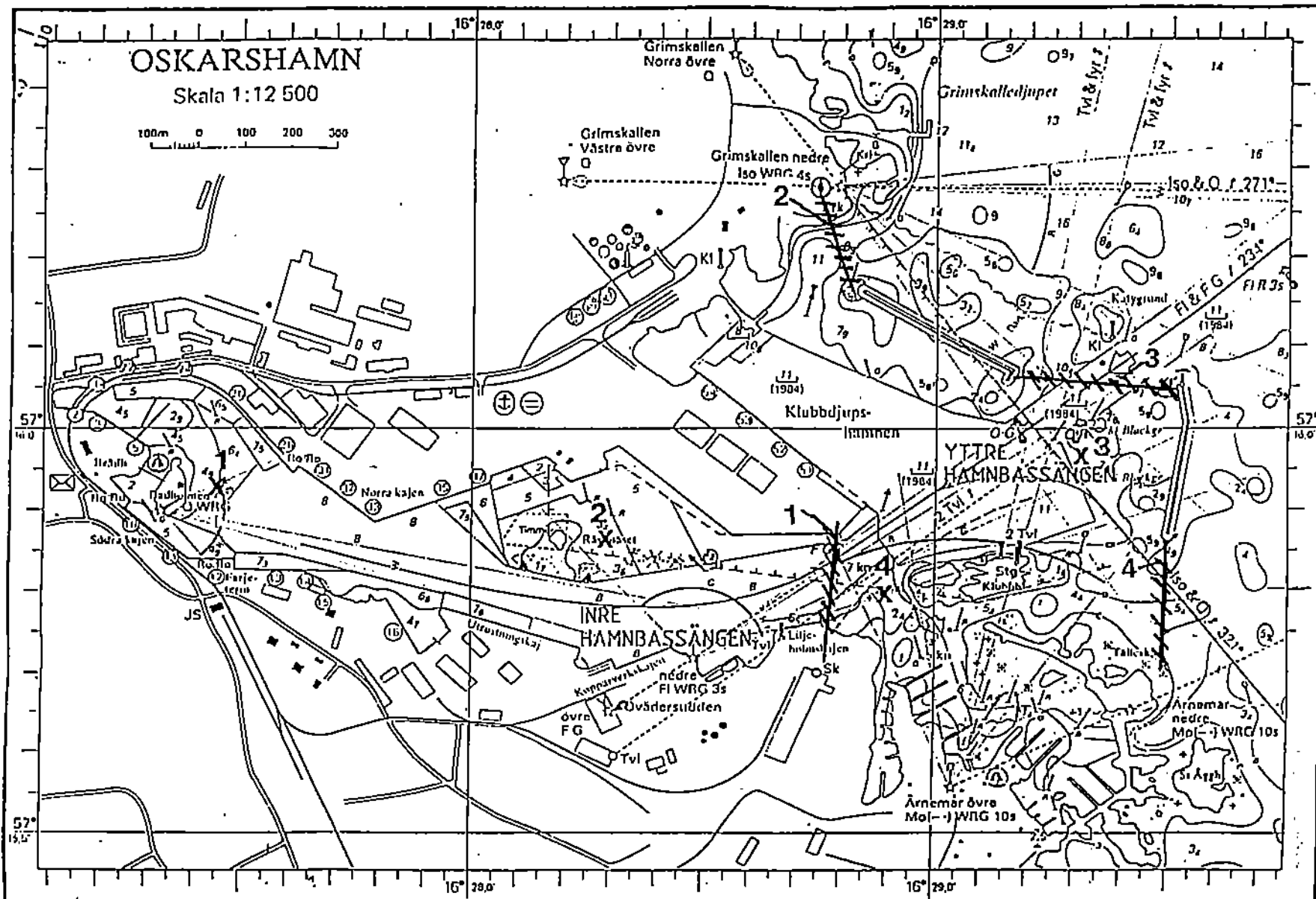
Även i själva beräkningsförfarandet av transportererna görs antaganden och förenklingar som medför osäkerheter. Särskilt kan nämnas att beräkningen av intransporten i bassängerna bygger på ett generellt "kustvärde" som antas konstant för hela året. Intransporten i inre bassängen antas utgöras enbart av vatten med halten i enlighet med kustvärdena. Halten kan dock vara högre beroende på omblandning i den yttre bassängen.

Det torde dock stå utom allt tvivel att den nuvarande beräkningen ger en bättre bild av storleken på de transporterade mängderna än de tidigare uppskattningarna och beräkningarna.

VBB VIAK AB


Ola Lindstrand

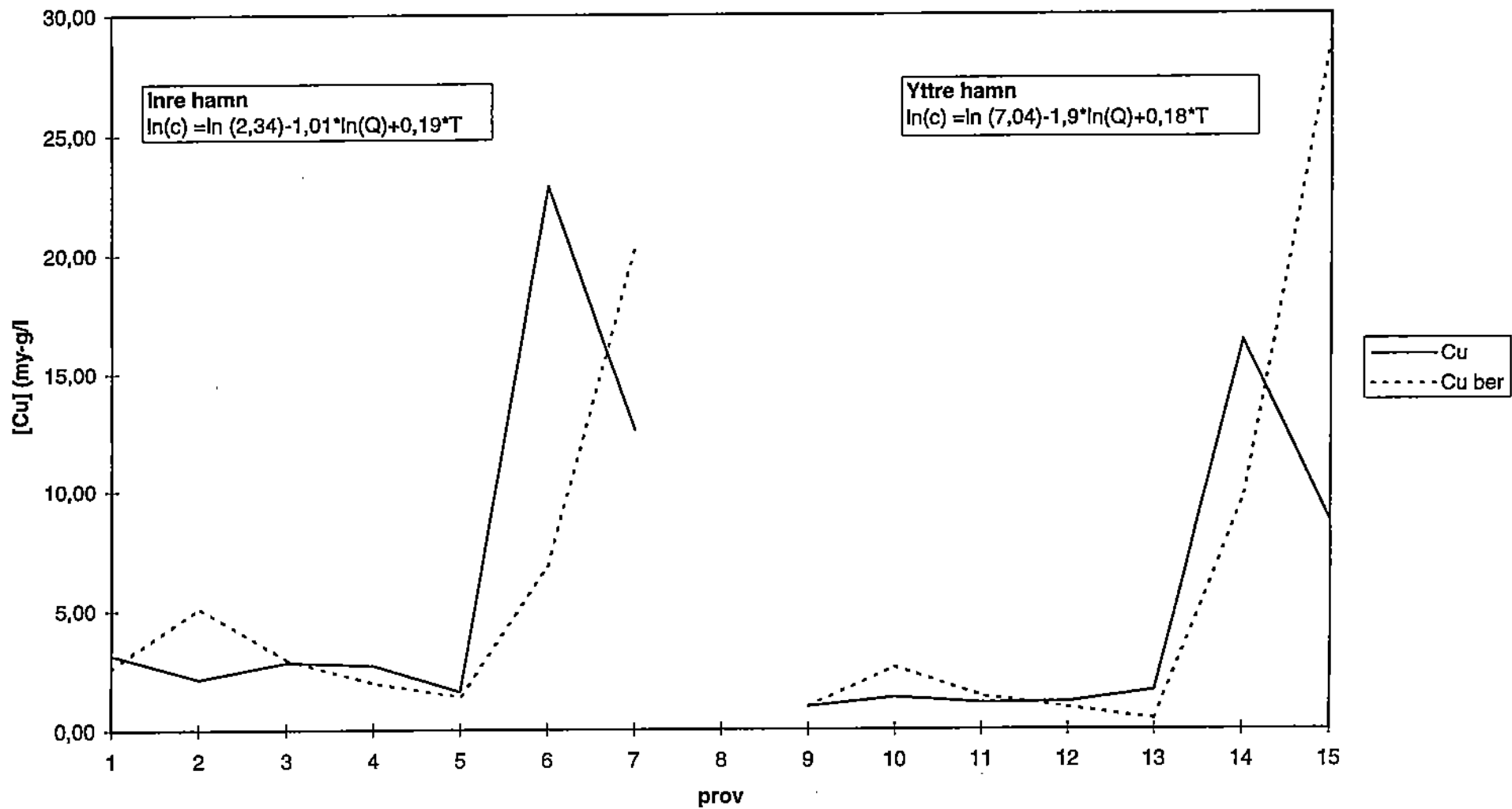

Lisa Gunnemyr



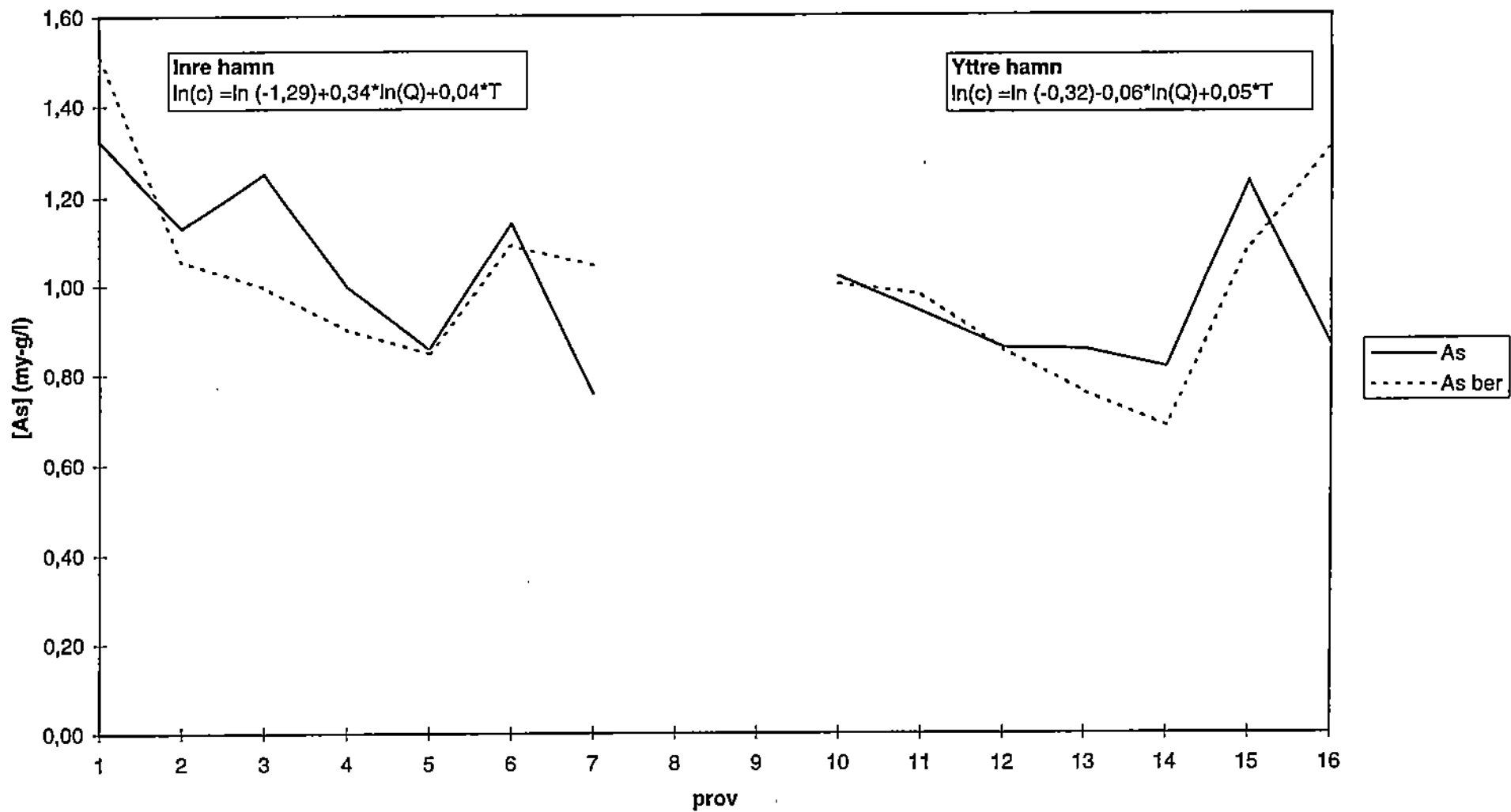
X= PROVTA GNINGS PUNKT $//////$ = FLÖDESTVÄRSNITT

SJOFARTSVERKET, TILLSTÅND
NR. 9709613

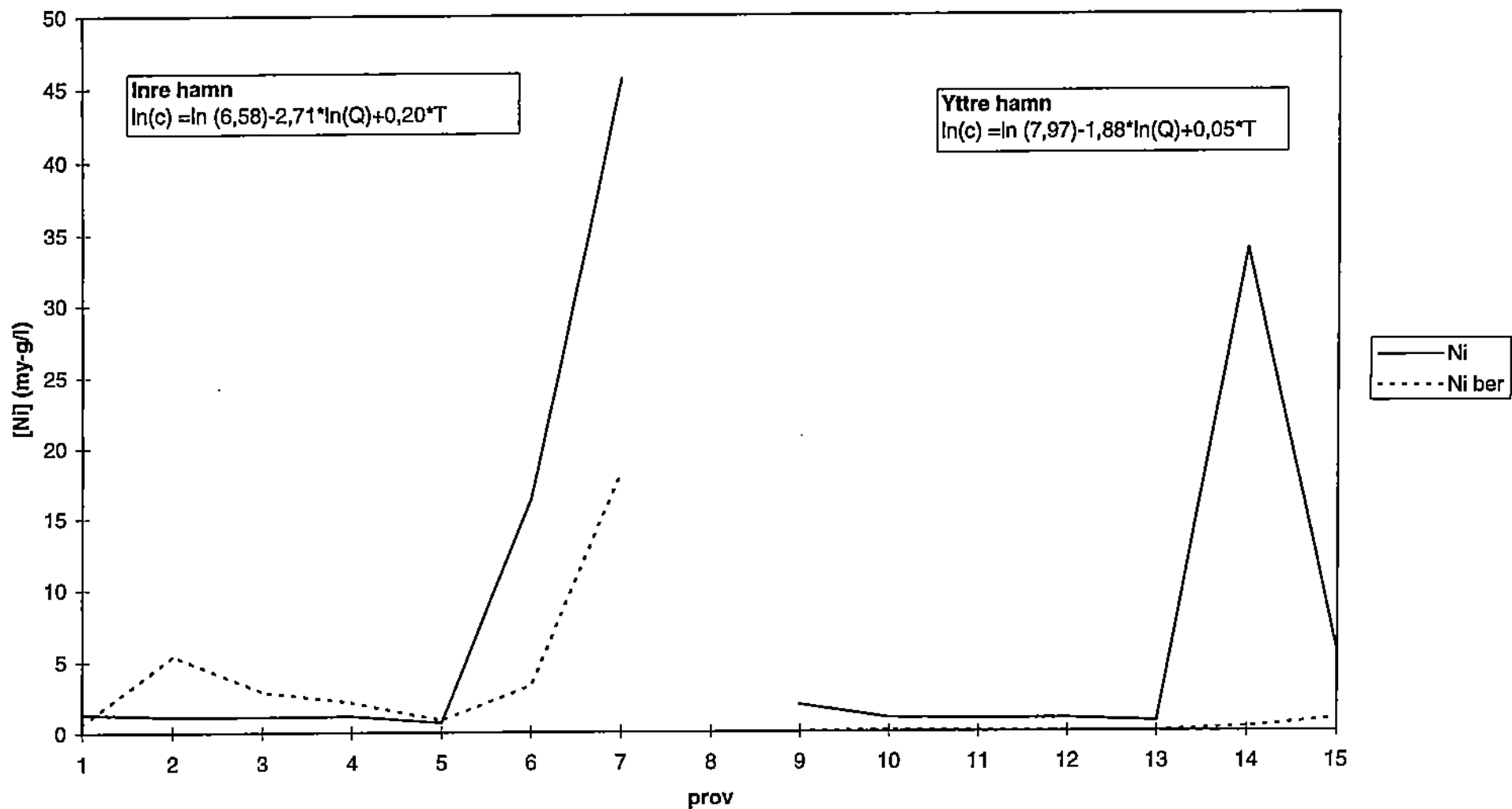
Cu Jämförelse uppmätt - beräknat



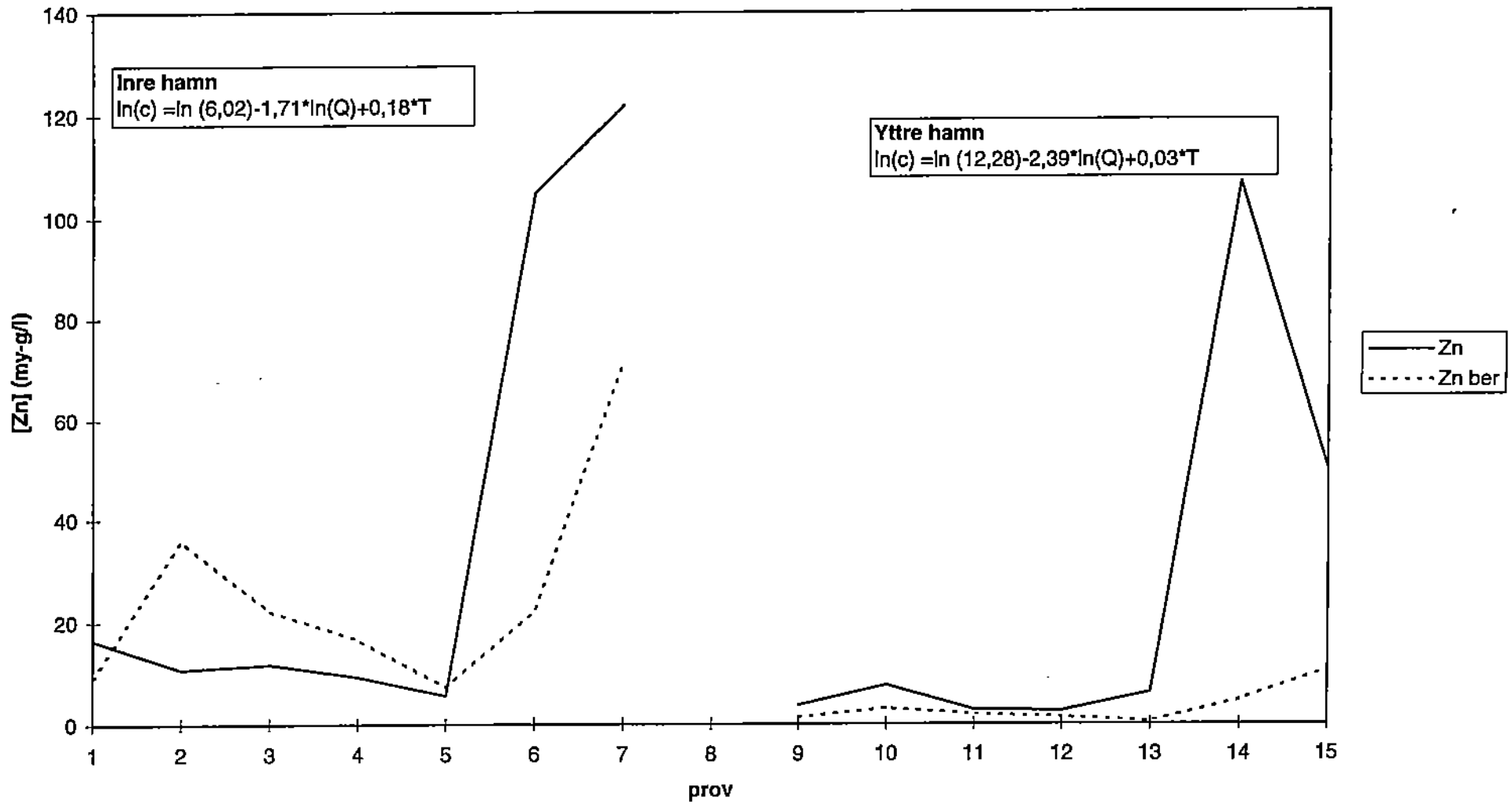
As Jämförelse uppmätt - beräknat



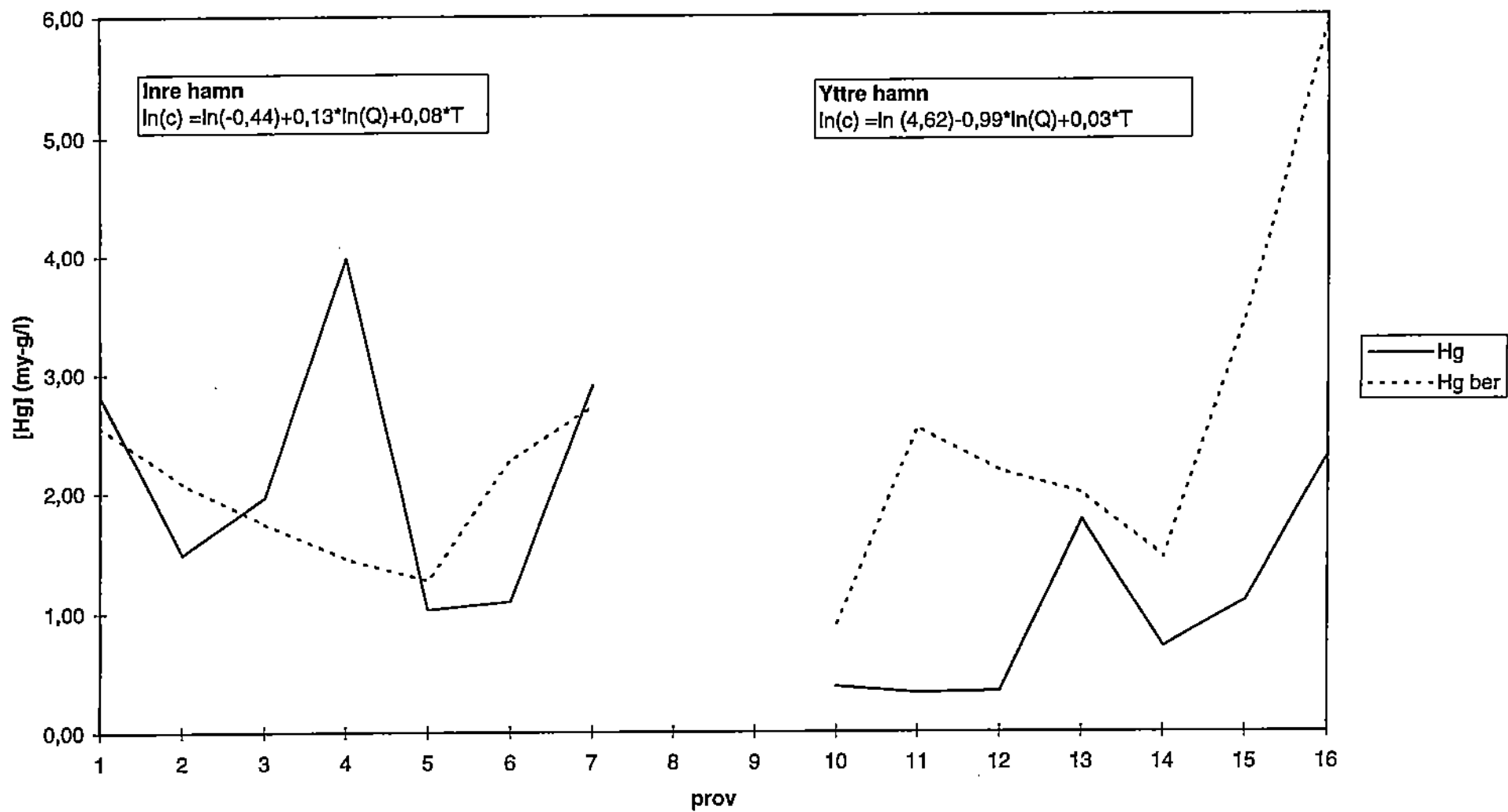
Ni Jämförelse uppmätt - beräknat



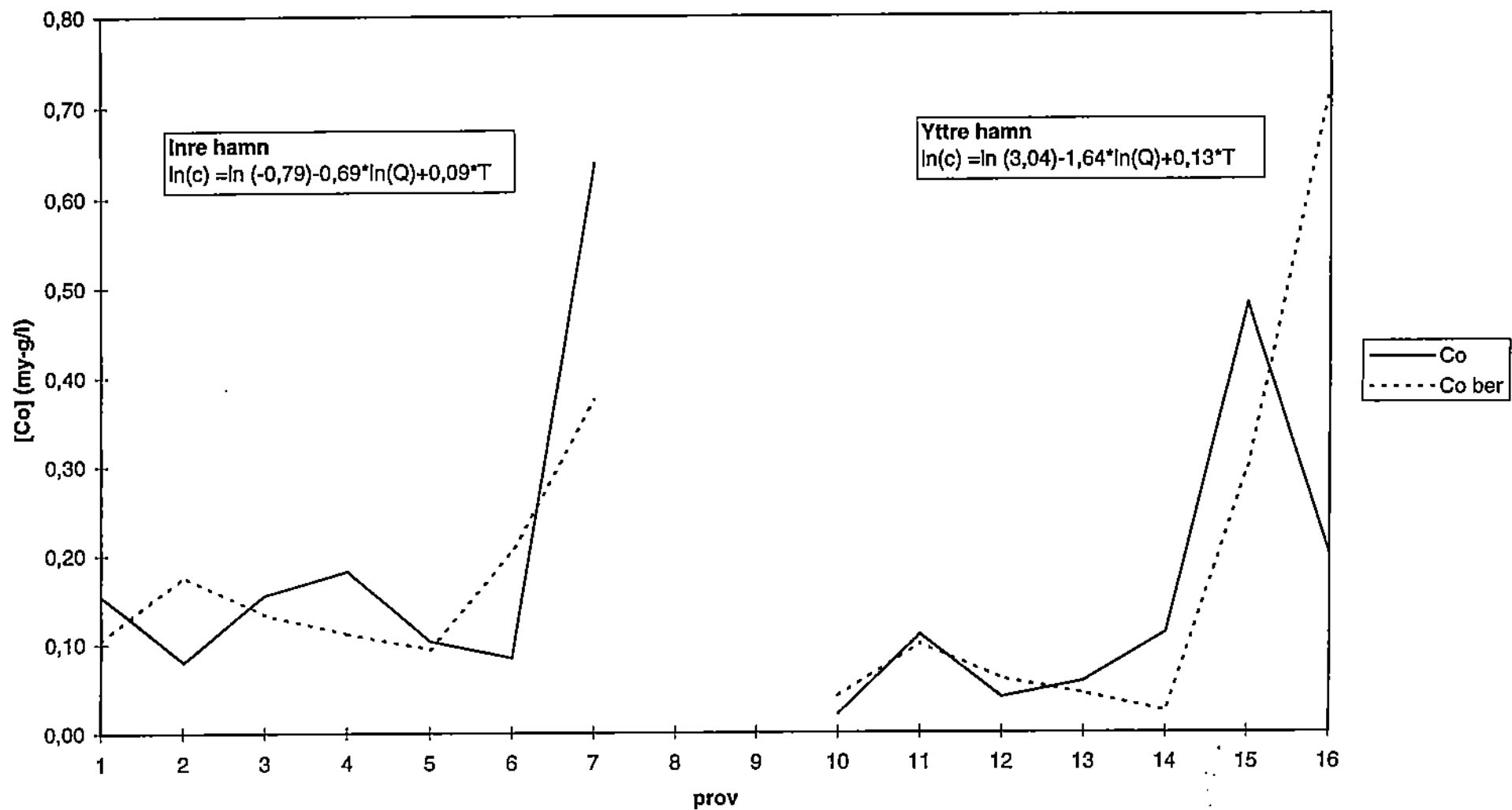
Zn Jämförelse uppmätt - beräknat



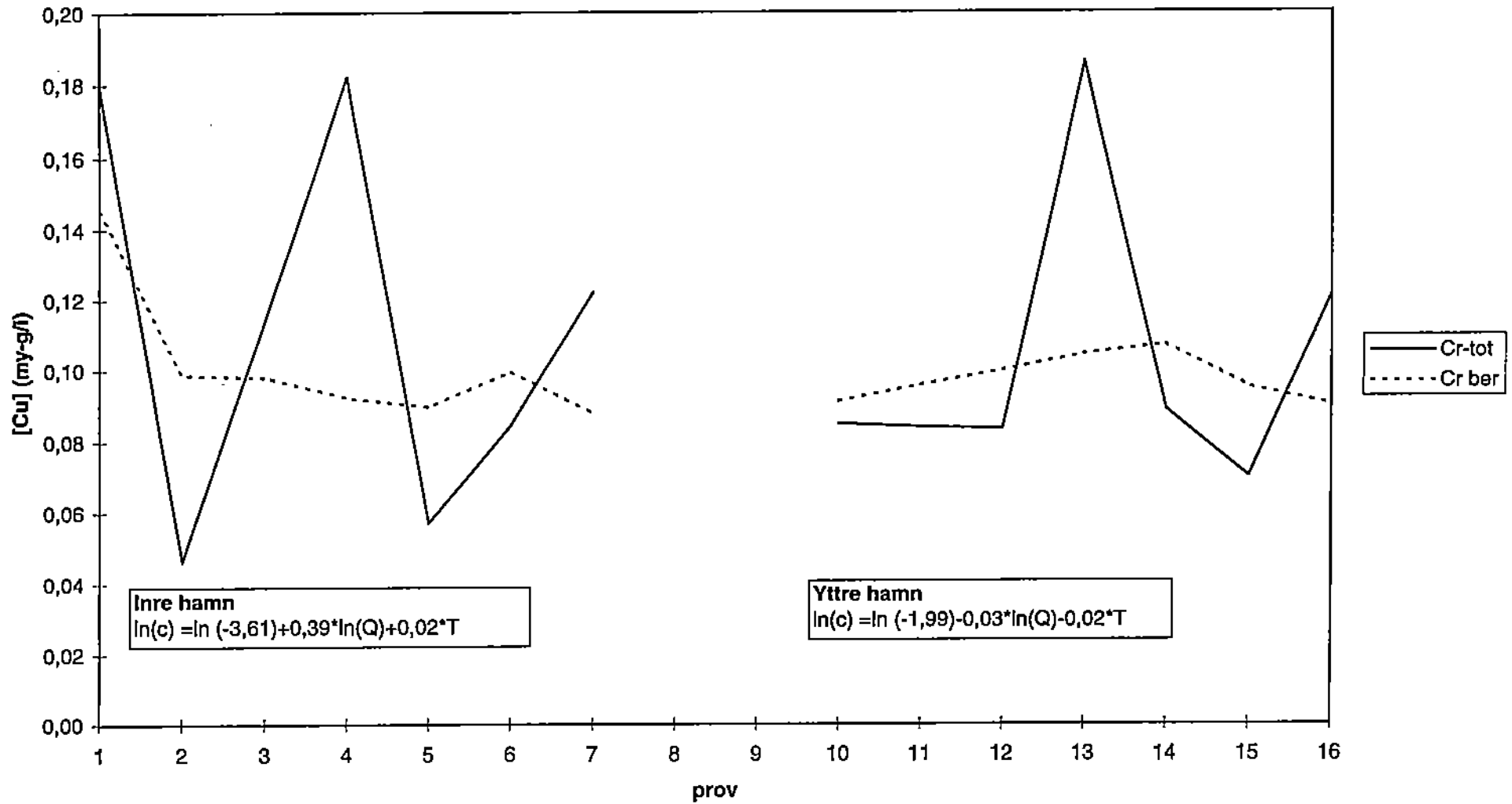
Hg Jämförelse uppmätt - beräknat



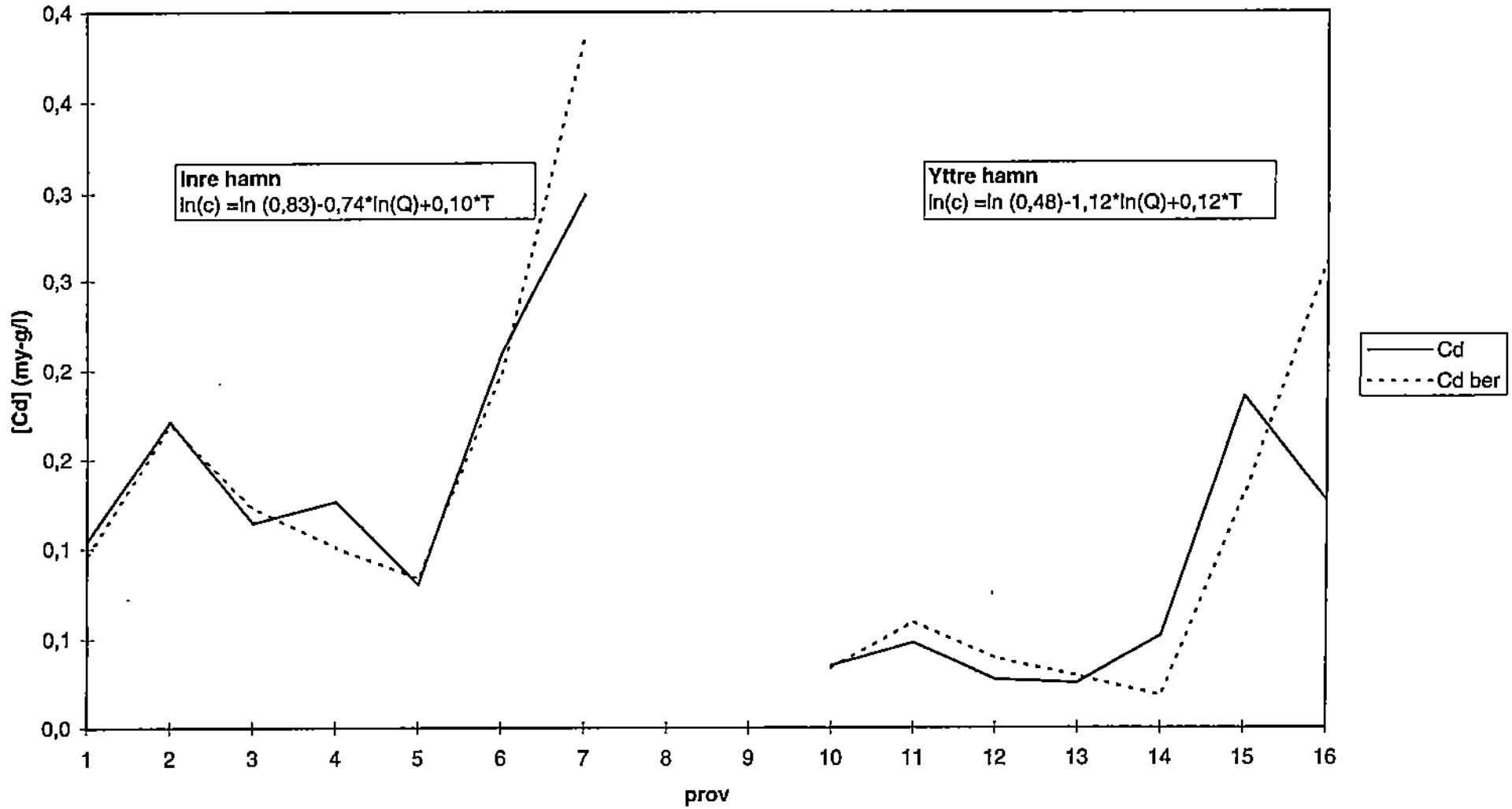
Co Jämförelse uppmätt - beräknat



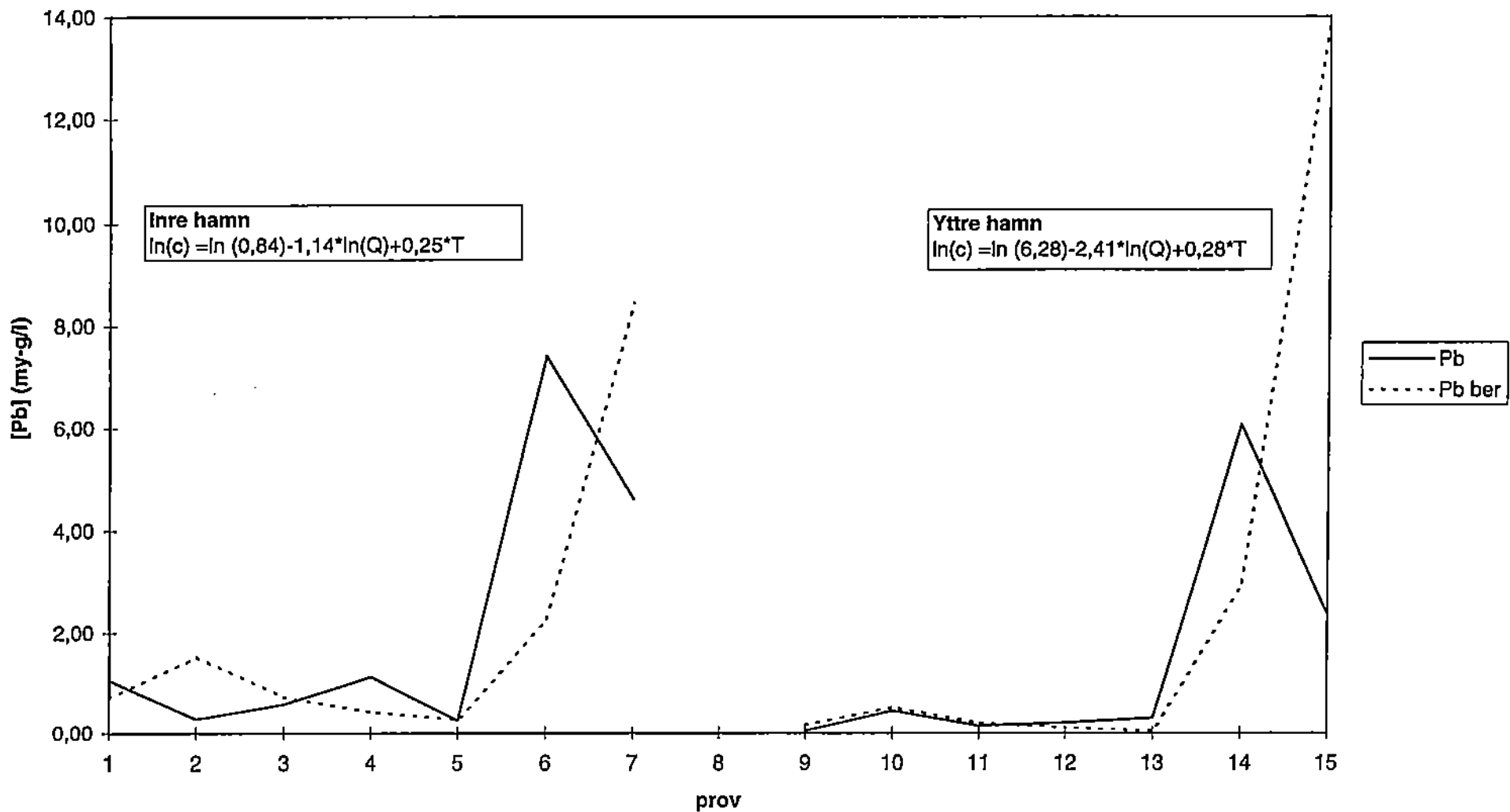
Cr Jämförelse uppmätt - beräknat



Cd Jämförelse uppmätt - beräknat



Pb Jämförelse uppmätt - beräknat



Bilaga 3

Cu						
	INRE			YTTRE		
	UT (kg/d)	IN (kg/d)	NETTO (kg/d)	UT (kg/d)	IN (kg/d)	NETTO (kg/d)
Jan	28	-10	17	47	-19	28
Feb	27	-10	17	40	-21	19
Mar	37	-11	26	60	-21	40
Apr	48	-8	40	94	-18	75
Maj	130	-7	123	236	-20	216
Jun	516	-6	509	708	-27	681
Jul	1177	-7	1170	1771	-21	1750
Aug	1203	-5	1198	2277	-18	2259
Sep	681	-10	671	984	-24	960
Okt	229	-9	221	312	-25	288
Nov	150	-7	144	244	-23	220
Dec	64	-7	57	84	-32	52

As						
	INRE			YTTRE		
	UT (kg/d)	IN (kg/d)	NETTO (kg/d)	UT (kg/d)	IN (kg/d)	NETTO (kg/d)
Jan	47	-14	33	59	-27	33
Feb	49	-14	35	66	-29	37
Mar	51	-15	37	69	-28	40
Apr	38	-11	27	68	-26	42
Maj	38	-9	28	104	-28	75
Jun	52	-9	43	191	-37	154
Jul	60	-10	51	188	-29	159
Aug	43	-7	36	163	-25	138
Sep	85	-14	71	164	-33	131
Okt	57	-12	44	136	-34	102
Nov	38	-9	28	113	-32	81
Dec	31	-9	21	120	-44	76

Ni						
	INRE			YTTRE		
	UT (kg/d)	IN (kg/d)	NETTO (kg/d)	UT (kg/d)	IN (kg/d)	NETTO (kg/d)
Jan	15	-27	-12	144	-49	95
Feb	12	-27	-14	118	-53	65
Mar	18	-27	-9	151	-52	99
Apr	41	-20	21	191	-47	144
Maj	110	-17	92	253	-52	201
Jun	690	-16	673	300	-69	232
Jul	1179	-18	1161	449	-53	396
Aug	2726	-13	2713	567	-46	521
Sep	1137	-26	1111	305	-61	244
Okt	143	-22	121	242	-63	180
Nov	203	-17	186	242	-59	183
Dec	66	-17	50	158	-82	76

Bilaga 3

Zn						
	INRE			YTTRE		
	UT (kg/d)	IN (kg/d)	NETTO (kg/d)	UT (kg/d)	IN (kg/d)	NETTO (kg/d)
Jan	140	-116	24	1429	-212	1217
Feb	125	-115	10	1059	-232	827
Mar	177	-118	59	1285	-228	1058
Apr	281	-89	192	1548	-204	1343
Maj	717	-76	641	1626	-226	1400
Jun	2887	-71	2815	797	-299	498
Jul	6184	-78	6106	886	-232	654
Aug	8483	-58	8424	1246	-199	1047
Sep	3866	-112	3754	709	-263	445
Okt	1111	-96	1014	883	-272	611
Nov	979	-75	904	1113	-258	854
Dec	402	-73	329	931	-355	576

Hg						
	INRE			YTTRE		
	UT (kg/d)	IN (kg/d)	NETTO (kg/d)	UT (kg/d)	IN (kg/d)	NETTO (kg/d)
Jan	0,06	-0,02	0,04	0,2	-0,03	0,2
Feb	0,06	-0,01	0,04	0,2	-0,03	0,1
Mar	0,06	-0,02	0,05	0,2	-0,03	0,2
Apr	0,05	-0,01	0,04	0,2	-0,03	0,2
Maj	0,07	-0,01	0,06	0,3	-0,03	0,2
Jun	0,12	-0,01	0,11	0,4	-0,04	0,3
Jul	0,17	-0,01	0,16	0,4	-0,03	0,4
Aug	0,12	-0,01	0,12	0,4	-0,03	0,4
Sep	0,18	-0,01	0,17	0,3	-0,03	0,3
Okt	0,11	-0,01	0,10	0,3	-0,04	0,3
Nov	0,07	-0,01	0,06	0,3	-0,03	0,3
Dec	0,05	-0,01	0,04	0,3	-0,05	0,2

Co						
	INRE			YTTRE		
	UT (kg/d)	IN (kg/d)	NETTO (kg/d)	UT (kg/d)	IN (kg/d)	NETTO (kg/d)
Jan	3,1	-2,9	0,2	2,7	-5,3	-2,6
Feb	3,0	-2,9	0,1	2,4	-5,8	-3,4
Mar	3,6	-3,0	0,6	3,3	-5,7	-2,4
Apr	3,6	-2,2	1,4	4,6	-5,1	-0,5
Maj	5,2	-1,9	3,3	9,3	-5,7	3,7
Jun	10	-1,8	7,9	22	-7,5	14,8
Jul	15	-1,9	13	44	-5,8	38,7
Aug	14	-1,5	12	54	-5,0	48,6
Sep	12	-2,8	8,9	26	-6,6	19,4
Okt	7,8	-2,4	5,4	12	-6,8	5,2
Nov	5,7	-1,9	3,8	10	-6,5	3,4
Dec	3,9	-1,8	2,1	4,6	-8,9	-4,3

Bilaga 3

	Cr					
	INRE			YTTRE		
	UT (kg/d)	IN (kg/d)	NETTO (kg/d)	UT (kg/d)	IN (kg/d)	NETTO (kg/d)
Jan	5,5	-4,1	1,4	13	-7,4	5,1
Feb	5,7	-4,0	1,7	14	-8,1	5,4
Mar	5,8	-4,1	1,7	13	-8,0	5,1
Apr	4,1	-3,1	1,0	11	-7,2	4,2
Maj	3,7	-2,6	1,1	11	-7,9	3,2
Jun	4,4	-2,5	1,9	13	-10	2,4
Jul	4,8	-2,7	2,1	9,2	-8,1	1,1
Aug	3,4	-2,0	1,3	7,9	-7,0	1,0
Sep	7,6	-3,9	3,6	11	-9,2	2,2
Okt	5,3	-3,4	1,9	13	-9,5	3,3
Nov	3,7	-2,6	1,0	13	-9,0	3,8
Dec	3,2	-2,6	0,6	19	-12	6,7

	Cd					
	INRE			YTTRE		
	UT (kg/d)	IN (kg/d)	NETTO (kg/d)	UT (kg/d)	IN (kg/d)	NETTO (kg/d)
Jan	2,6	-0,5	2,1	1,8	-1,0	0,8
Feb	2,5	-0,5	2,0	1,7	-1,0	0,6
Mar	3,0	-0,5	2,5	2,1	-1,0	1,1
Apr	3,2	-0,4	2,8	2,7	-0,9	1,8
Maj	4,8	-0,3	4,5	5,5	-1,0	4,5
Jun	10	-0,3	9,6	14	-1,3	12
Jul	16	-0,4	16	23	-1,0	22
Aug	15	-0,3	15	25	-0,9	24
Sep	12	-0,5	11	14	-1,2	13
Okt	7,4	-0,4	7,0	7,5	-1,2	6,3
Nov	5,4	-0,3	5,1	5,9	-1,2	4,7
Dec	3,5	-0,3	3,2	3,4	-1,6	1,8

	Pb					
	INRE			YTTRE		
	UT (kg/d)	IN (kg/d)	NETTO (kg/d)	UT (kg/d)	IN (kg/d)	NETTO (kg/d)
Jan	4,3	-7,5	-3,3	3,4	-14	-10
Feb	4,1	-7,5	-3,4	2,7	-15	-12
Mar	6,1	-7,7	-1,6	5,0	-15	-9,8
Apr	9,1	-5,8	3,3	9,9	-13	-3,3
Maj	37	-4,9	32	45	-15	30
Jun	222	-4,6	217	258	-19	238
Jul	615	-5,1	610	1012	-15	997
Aug	664	-3,8	661	1455	-13	1442
Sep	332	-7,3	325	541	-17	524
Okt	70	-6,3	63	64	-18	46
Nov	43	-4,9	38	45	-17	28
Dec	14	-4,7	8,8	7,6	-23	-16