

Sedimentkonsult HB

Utvärdering av metaller och organiska miljögifter i sediment i Trekantens sedimentationsbassäng 2018

av
Per Jonsson



Mottagare:
Stockholms Stad
Miljöförvaltningen

Sollenkroka den 12 mars 2019
JP Sedimentkonsult Rapport 2019:3.

Adress
JP Sedimentkonsult HB
Västernäsvägen 17
130 40 Djurhamn
per@jpsedimentkonsult.se
www.jpsedimentkonsult.se

Telefon
08-57163744
070-5208057

Org.nr
969720-0815

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

SAMMANFATTNING	3
1 UPPDRAG OCH SYFTE	5
1.1 Beställare	5
1.2 Syfte	5
2 BEDÖMNINGSGRUNDER	6
2.1 Bedömningsgrunder metaller	6
2.2 Bedömningsgrunder organiska miljögifter	7
3 BAKGRUND	9
3.1 Öppna Trekanten	9
3.2 Skärmbassäng	9
3.3 Sonarkartering 2017	11
4 MATERIAL OCH METODER	12
4.1 Utrustning	12
4.1.1 Provtagningsbåten Rana	12
4.1.2 Positionering	12
4.1.3 Sedimentprovtagare	12
4.1.3.1 Ponarhämtare	12
4.1.3.2 Jonsson-hämtaren	13
4.2 Sedimentprovtagning	14
4.3 Provhantering	15
4.4 Dokumentation av sedimentkärnor	16
4.5 Snittning av sedimentkärna	16
4.6 Analyser	16
5 RESULTAT OCH DISKUSSION	18
5.1 Jämförelse ytsediment 2009 och 2018	18
5.1.1 Torrsubstanshalt och organisk halt	18
5.1.2 Metaller	19
5.1.3 Organiska föroreningar	20
5.2 Föroreningshistorik	22
5.2.1 Metaller	23
5.2.2 Organiska föroreningar	25
5.3 Fastläggning av föroreningar i skärmbassängen	26
6 REFERENSER	27

BILAGA 1 Protokoll och fotografi från sedimentprovtagning i Trekanten 2018

ANALYSRESULTAT

Analysresultaten redovisas på Miljöbarometern Stockholm

(<http://miljobarometern.stockholm.se/>)

SAMMANFATTNING

JP Sedimentkonsult HB har av Stockholms Stad Stad uppdragits att genomföra en undersökning av metaller och organiska miljögifter i sediment i Trekantens sedimentationsinvallning och jämföra resultaten med en motsvarande undersökning genomförd 2009.

Syftet med undersökningen har varit att genomföra:

- insamling av ytsediment med Ponarhämmtare från 5 provlokaler som ligger i närheten av stationer som också undersöktes 2009.
- en studie av halterna av PAH-er, organiska tennföreningar, PCB och PBDE på fem nivåer från ytan och nedåt i en sedimentkärna från avskärmningen.
- en utvärdering av miljögiftsbelastningens förändring med tiden utifrån en jämförelse mellan ytsedimenthalter vid provtagningarna 2009 och 2018, samt från erhållen haltinformation från den skiktade sedimentkärnan.
- en bedömning av sedimentens miljöstatus utifrån existerande bedömningsgrunder.
- en sammanställning av resultaten i en rapport som i text, bilder och figurer beskriver föroreningssituationens förändring med tiden och utvärderar fastläggningen i skärmbassängen i förhållande till öppna Trekantens sediment.

För att minska tillförseln av partikelbundna föroreningar till Trekanten tillskapades 2008-2009 en invallning i sjöns västra del. Bassängen består av skärmar av armerad PVC som avgränsar vattenmassorna så att partiklar kan sedimentera. Den består av två delar som avskiljs med en barriär i nordost/sydvästlig riktning. Tillrinningen av dagvatten sker till den norra delen som fungerar som försedimenteringsbassäng. Grova partiklar avskiljs här och vattnet leds in i den större södra bassängen. Utflödet till öppna Trekanten sker längst söderut nära land.

En sonarkartering genomfördes i Trekanten i juni 2017. Den visar tydligt på tämligen tät bottenvegetation med gott om rotknölar längs stränderna. Den avskärmade sedimentationsbassängen i den västra delen framträder tydligt på sonarplottet, där även bryggstolparna tydligt syns i nordvästlig till sydvästlig riktning. Man kan även tydligt se mellanväggen som åtskiljer de två delbassängerna i avskärmningen.

Sedimentprovtagning genomfördes på 5 stationer i invallningen i oktober 2018. Ytsediment uttogs med ponarhämmtare från tre stationer i den norra delen och på två stationer i den södra. En sedimentkärna togs i den norra delen för bestämning av föroreningshistoriken.

Zink, koppar, bly och kvicksilver i ytsediment på närbelägna stationer i skärmbassängen år 2009 och 2018 uppvisar stor eller mycket stor avvikelse från bakgrundsnivåerna. t-test visar att signifikanta minskningar har skett av halterna för bly ($p=0,003$) och zink ($p=0,036$) mellan 2009 och 2018. Övriga haltändringar är inte signifikanta. Halterna av metaller i skärmbassängens ytsediment kan generellt sägas vara lägre än i öppna Trekantens sediment.

sPAH11, antracen och fluoranten uppvisar alla mycket höga halter i skärmbassängen, vilket med stor sannolikhet kan kopplas till läget med mycket fordonstrafik genom tillrinningsområdet. Det tycks som om halterna har sjunkit något av såväl sPAH11 som antracen och fluoranten sedan 2009, men eventuella minskningar är inte signifikanta. Halterna av sPAH11 är i genomsnitt 13 % lägre i öppna Trekanten än i skärmbassängen. För antracen och fluoranten är motsvarande halter 20 % respektive 32 % lägre.

Utseendet på sedimentkärnan benämnd TK från skärmbassängens norra del är mycket karaktäristisk med ett tydligt mörkt skikt ned till 22 cm. Här sker en distinkt övergång till underliggande betydligt ljusare sediment. Den övre decimetern av det ljusare skiktet är att karaktärisera som något grynigt och avviker i strukturen från underliggande slätare och mindre grynigt sediment.

Haltprofilerna i kärnan från skärmbassängen uppvisar karaktäristiska och likartade fördelningsmönster för zink, kvicksilver, koppar och bly. Halterna i de översta 20 centimeterna uppvisar stor eller mycket stor avvikelse i förhållande till bakgrundshalterna för Stockholmsområdet. Djupare än 20 cm är halterna av dessa metaller avsevärt lägre och har betydligt mindre avvikelse från bakgrundsnivåerna.

PAH-halterna är mycket höga i de övre 20 centimeterna av kärnan från skärmbassängen. sPAH11-halten är 6-11 gånger högre än gränsvärdet mellan klass 4 och 5. De enskilda kongenerna antracen och fluoranten är ännu mer förhöjda, 10-20 gånger. På större sedimentdjup än 20 cm är halterna mycket lägre. Även de organiska tennföreningarna beskriver likartade förlopp i kärnan från skärmbassängen som polyaromaterna. Detta gäller också för sPCB7, sPBDE och BDE 209.

I stort sett alla föroreningar är mycket högre i det övre mörkbruna skiktet i kärnan från skärmbassängen än i det ljusare skiktet nedanför 22 centimeters sedimentdjup. Det är därför troligt att denna gräns representerar tiden för anläggningen av skärmbassängen.

Utiifrån sjöarea, ackumulationsbottenarea, sedimenttillväxt och föroreningshalter har den totala sedimentfastläggningen av föroreningar i öppna Trekanten kunnat beräknas och ställas i relation till den årliga föroreningsavskiljningen i skärmbassängen. Vad gäller de olika metallerna utgör den mängd som årligen sedimenteras i skärmbassängen mellan 5 och 15 % av det som fastläggs i öppna Trekantens sediment. För de polyaromatiska kolvätena är fastläggningen i skärmbassängen relativt sett högre och utgör 25-33 % av de mängder som sedimenteras i öppna Trekanten.

1 UPPDRAG OCH SYFTE

JP Sedimentkonsult HB har av Stockholms Stad Stad uppdragits att genomföra en undersökning av metaller och organiska miljögifter i sediment i Trekantens sedimentationsinvallning och jämföra resultaten med en motsvarande undersökning genomförd 2009. Fältundersökningen genomfördes den 19 oktober 2018 och resultaten har utvärderats under vintern 2018/2019. Det är med stort nöje vi nu kan redovisa slutrapporten av projektet.

1.1 Beställare

Miljöförvaltningen
Stockholms Stad

1.2 Syfte

Syftet med den genomförda undersökningen har varit att efter planeringsdiskussioner med företrädare för Stockholms Stad och Stockholm Vatten och Avfall innan provtagningen inleddes genomföra:

- insamling av ytsediment med Ponarhämtare från 5 provlokaler som ligger i närheten av stationer som också undersöktes 2009.
- en studie av halterna av PAH-er, organiska tennföreningar, PCB och PBDE på fem nivåer från ytan och nedåt i en sedimentkärna från avskärmningen.
- en utvärdering av miljögiftsbelastningens förändring med tiden utifrån en jämförelse mellan ytsedimenthalter vid provtagningarna 2009 och 2018, samt från erhållen haltinformation från den skiktade sedimentkärnan.
- en bedömning av sedimentens miljöstatus utifrån Naturvårdsverkets Bedömningsgrunder för miljökvalitet - Kust och hav (NV Rapport 4914), den reviderade Tabell 30 i naturvårdsverkets Rapport 4914 rörande organiska miljögifter samt regionala bedömningsgrunder för Stockholmsområdet vad gäller metaller (Jonsson 2018a).
- en sammanställning av resultaten i en rapport som i text, bilder och figurer beskriver föroreningssituationens förändring med tiden och utvärderar fastläggningen i skärmbassängen i förhållande till öppna Trekantens sediment.

I denna undersökning har vi använt ett klassificeringssystem av botten typer enligt Håkanson and Jansson (1983). Bottenarna karaktäriseras enligt följande:

- Ackumulationsbottenar (A-bottenar) är bottenar där finmaterial (medium silt, kornstorlek < 6 µm) deponeras kontinuerligt.
- Transportbottenar (T-bottenar) är bottenar med diskontinuerlig deposition av finmaterial, dvs. där perioder med ackumulation omväxlar med resuspensions- och transportperioder.
- Erosionsbottenar (E-bottenar) är bottenar där deposition av finmaterial ej sker.

2 BEDÖMNINGSGRUNDER

2.1 Bedömningsgrunder metaller

För att klassificera föroreningsgraden av metaller finns flera olika strategier att tillgå. Det är väl dokumenterat att det finns en betydande geografisk variation i sedimenten beroende på variationer i berggrund och mark.

Eftersom sedimenthalterna av metaller i olika delar av landet är beroende av de lokala/regionala halterna i berggrund och lösa avlagringar (morän, lera etc.) är det därför lämpligt att ta fram regionala jämförvärden att jämföra de recenta halterna med. I föreliggande rapport har vi sålunda valt att bygga vår beräkning på prover från östra Mälaren, Stockholms mellanskärgård och en sjö i Stockholmsområdet (Jonsson 2018a).

Resultaten från denna undersökning från 2018 har använts för att bygga upp ett klassningsschema för Stockholmsområdet (Tabell 1). Gränsen mellan klass 1 och 2 (jämförvärdet) har satts till det medelvärde som uppmäts i de sex kärnornas djupsediment. Övriga klassgränser bygger på tabell 36 i NV Rapport 4914 där avvikelserna från jämförvärdet varierar för de olika grundämnena.

Tabell 1 Klassning utifrån principen grundad på regionala bakgrundsvärden i Stockholmsområdet (Jonsson 2018a). Analys enligt svensk standard.

	Klass 1 Ingen/obetydlig avvikelse (mg/kg ts)	Klass 2 Liten avvikelse (mg/kg ts)	Klass 3 Tydlig avvikelse (mg/kg ts)	Klass 4 Stor avvikelse (mg/kg ts)	Klass 5 Mycket stor avvikelse (mg/kg ts)
Arsenik	≤ 6,8	6,8 - 12	13 - 19	20 - 31	≥ 32
Bly	≤ 20	21 - 32	33 - 52	53 - 88	≥ 89
Kadmium	≤ 0,37	0,37 - 0,93	0,94 - 2,2	2,3 - 5,6	≥ 5,7
Kobolt	≤ 15	15 - 26	27 - 44	45 - 75	≥ 76
Krom	≤ 56	56 - 67	68 - 84	85 - 101	≥ 102
Koppar	≤ 35	36 - 70	71 - 116	117 - 186	≥ 187
Kviksilver	≤ 0,05	0,06 - 0,15	0,16 - 0,5	0,6 - 1,3	≥ 1,4
Nickel	≤ 39	40 - 59	60 - 86	87 - 129	≥ 130
Zink	≤ 121	122 - 182	183 - 290	291 - 508	≥ 509

Som ett led i Sveriges implementering av EU:s vattendirektiv har Havs- och vattenmyndigheten utarbetat en föreskrift om klassificering och miljö kvalitetsnormer avseende ytvatten (HVMFS 2013:19 kompletterad med ändringar i HVMFS 2015:4). De flesta av gränsvärdena för uppnående av god kemisk status rör prioriterade ämnen som skall analyseras i vatten och för ett mindre antal även i biota. Endast för ett fåtal ämnen skall nationella gränsvärden gälla för sediment. Dessa ämnen är bly, kadmium, antracen, fluoranten och TBT. Dessa ämnen har analyserats i föreliggande undersökning och, förutom den nationella klassificeringen, görs särskilda värderingar av huruvida god kemisk status enligt HVMFS 2013:19 och 2015:4 uppnås på de enskilda stationerna.

För bly anges i HVMFS 2015:4 ett gränsvärde på 130 mg/kg TS för inlandsvatten. För kadmium anges gränsvärdet till 2,3 mg/kg TS.

2.2 Bedömningsgrunder organiska miljögifter

Naturvårdsverket har i samarbete med SGU (Josefsson 2017) tagit fram en uppdaterad tabell där fördelningen av halter av organiska miljögifter i svenska marina sediment presenteras. Motsvarande tabell fanns tidigare publicerad i Naturvårdsverkets rapport 4914 (1999) Bedömningsgrunder för miljökvalitet – Kust och hav. Den uppdaterade tabellen omfattar prover tagna mellan 1986 och 2014 i marina sediment och inkluderar fler ämnen än tidigare t.ex. tennorganiska föreningar och PBDE. Nyttan av att använda tabellen som bedömningsgrund kan för många miljögifter diskuteras. I tillämpliga fall görs detta för de olika ämnena i kommande kapitel.

TBT (tributyltenn) är klassat som ett av de prioriterade ämnena i EU: s vattendirektiv. Användningen förbjöds i båtbottnfärger för icke oceangående båtar under 25 meter i Sverige redan 1989. Liknande förbud för båtar över 25 m trädde i kraft i EU under perioden 2003–2007 och sedan 2008 råder ett totalförbud mot TBT i båtbottnfärger (Magnusson och Samuelsson, 2012).

För TBT anges i Havs- och vattenmyndighetens riktlinjer för klassificering och miljökvalitetsnormer avseende ytvatten (HVMFS 2013:19) att gränsvärdet för uppnående av god kemisk status i sediment skall ligga på 1,6 µg/kg TS för TBT normerat till 5 % kolhalt (TOC). Medelkolhalten i ytsediment (0-2 cm) från öppna Trekanten är 9,7 %, vilket leder till att gränsvärdet blir 3,1 µg/kg TS.

Tabell 2 Fördelning av uppmätta halter organiska miljögifter i marina sediment i svenska havsområden och ekonomisk zon (µg/kg torrsvikt) under 1986-2014.

Ämne	Klass 1 Mycket låg halt	Klass 2 Låg halt	Klass 3 Medelhög halt	Klass 4 Hög halt	Klass 5 Mycket hög halt
Naftalen		<4,9	4,9-19	19-63	≥63
Acenaften			<5,5	5,5-33	≥33
Fluoren		<2,0	2,0-9,4	9,4-36	≥35
Fenantren	<7,0	7,0-17	17-50	50-150	≥150
Antracen	<1,0	1,0-3,1	3,1-11	11-45	≥45
Fluoranten	<18	18-45	45-140	140-390	≥390
Pyren	<12	12-30	30-100	100-380	≥380
Bens(a)antracen	<7,5	7,5-19	19-62	62-180	≥180
Krysen	<11	11-26	26-67	67-200	≥200
Bens(b)fluoranten	<32	32-69	69-200	200-440	≥440
Bens(k)fluoranten	<11	11-28	28-79	79-180	≥180
Bens(a)pyren	<12	12-31	31-99	99-240	≥240
Dibens(ah)antracen	<4,4	4,4-8,9	8,9-27	27-79	≥79
Bens(ghi)perylene	<22	22-62	62-180	180-400	≥400
Indeno(1,2,3-	<24	24-76	76-220	220-530	≥530
Summa PAH 11	<170	170-440	440-1200	1200-2800	≥2800
Summa PAH 15	<250	250-440	440-1200	1200-4700	≥4700
Summa PAH M1	<57	57-110	110-320	320-1700	≥1700
Summa PAH H2	<180	180-320	320-940	940-2600	≥2600
HCB	<0,020	0,020-0,15	0,15-0,45	0,45-1,6	≥1,6
PCB 28		<0,066	0,066-0,30	0,30-1,3	≥1,3
PCB 52		<0,12	0,12-0,40	0,40-1,9	≥1,9
PCB 101	<0,10	0,10-0,34	0,34-1,1	1,1-5,5	≥5,5
PCB 118	<0,084	0,084-0,31	0,31-0,84	0,84-3,6	≥3,6
PCB 138	<0,21	0,21-0,67	0,67-2,0	2,0-9,1	≥9,1
PCB 153	<0,20	0,20-0,61	0,61-2,0	2,0-7,9	≥7,9
PCB 180	<0,081	0,081-0,29	0,29-0,90	0,90-4,9	≥4,9
Summa PCB 7	<0,81	0,81-2,5	2,5-7,6	7,6-34	≥34
α-HCH	<0,006	0,006-0,04	0,04-0,17	0,17-0,36	≥0,36
β-HCH	<0,003	0,003-0,11	0,11-0,57	0,57-1,2	≥1,2
γ-HCH	<0,006	0,006-0,034	0,034-0,12	0,12-0,30	≥0,30
Summa HCH	<0,025	0,025-0,21	0,21-0,87	0,87-2,0	≥2,0
γ-klordan		<0,018	0,018-0,090	0,090-0,39	≥0,39
α-klordan		<0,006	0,006-0,082	0,082-0,30	≥0,30
trans-nonaklor		<0,021	0,021-0,088	0,088-0,30	≥0,30
Summa klordan		<0,063	0,063-0,27	0,27-0,81	≥0,81
p,p'-DDT		<0,019	0,019-0,29	0,29-2,0	≥2,0
p,p'-DDD	<0,029	0,029-0,32	0,32-1,7	1,7-5,3	≥5,3
p,p'-DDE	<0,057	0,057-0,32	0,32-1,2	1,2-3,6	≥3,6
Summa DDT	<0,32	0,32-0,89	0,89-3,5	3,5-10	≥10
PBDE 47		<0,045	0,045-0,11	0,11-0,37	≥0,37
PBDE 100			<0,041	0,041-0,14	≥0,14
PBDE 99		<0,047	0,047-0,13	0,13-0,47	≥0,47
PBDE 85			<0,15	0,15-0,55	≥0,55
PBDE 209 (Deca)			<2,4	2,4-13	≥13
EOCI	<200	200-830	830-2700	2700-5600	≥5600
EOBr	<180	180-590	590-1900	1900-3000	≥3000
EPOCI		<100	100-560	560-2100	≥2100
EPOBr		<88	88-480	480-700	≥700
monobutyltenn,		<1	1-10	10-20	≥20
dibutyltenn, DBT		<1	1-10	10-26	≥26
tributyltenn, TBT		<1	1-19	19-55	≥55

¹PAH M = fem PAH med medelhög molekylvikt

²PAH H = åtta PAH med hög molekylvikt

3 BAKGRUND

3.1 Öppna Trekanten

Öppna Trekantens bottenförhållanden och föroreningssituation har nyligen undersökts och i detalj rapporterats (Jonsson 2018b). Av denna anledning redovisas endast översiktliga resultat av betydelse för föreliggande specialundersökning.

Mycket höga metallhalter noterades i sjön av främst bly, kvicksilver, koppar och kadmium. Även krom uppvisade höga halter. I stort sett alla de undersökta föroreningsmetallerna är lägre eller ungefär lika höga som vid en tidigare undersökning 1997 (Östlund et al. 1998). Ett undantag är dock kvicksilver, som ökat med drygt 30 % mellan 1997 och 2017.

De polyaromatiska kolvätena (PAH) uppvisar alla mycket höga halter i Trekantens ytsediment, vilket med stor sannolikhet kan kopplas till läget i närheten av Essingeleden med mycket fordonstrafik genom tillrinningsområdet. PAH-halterna har dock sjunkit påtagligt från 1997 till 2017.

Även halterna av sPCB7 i Trekantens ytsediment är mycket höga och avsevärt högre än vad sPCB7-halterna låg på i Östersjöns sediment omkring 1970, då mycket allvarliga effekter på biota registrerades.

Haltprofilerna i kärnan från Trekantens djupaste del uppvisar mycket karaktäristiska och likartade fördelningsmönster för zink, kvicksilver, koppar och kadmium, med successivt ökande halter från 50 centimeters djup och uppåt och når distinkta maximumvärden vid 33 cm. Därövanför sjunker halterna påtagligt och sjunker sakta ytterligare mot sedimentytan. Även bly och krom har likartade haltmönster men är inte lika utpräglade. Halterna för zink, kvicksilver, koppar, bly och kadmium uppvisar stor eller mycket stor avvikelse i förhållande till bakgrunden genom hela kärnan.

PAH-halterna är extremt höga på 30-45 centimeters djup i Trekanten. Halterna sjunker påtagligt mot sedimentytan och är i ytsedimentet mellan 5 och 9 gånger lägre än på 30-45 cm djup i kärnan. Halterna är dock fortfarande 3-8 gånger högre än gränsvärdet mellan klass 4 och 5.

Kärnan T1 uppvisar tydliga tidstrender vad gäller metaller, organiska tennföreningar, sPCB7 och sPBDE vilket innebär att det har varit möjligt att genomföra en översiktlig datering utifrån kunskap om storskaliga generella tidstrender för dessa föroreningar. Sedan år 1960 har ca 41 cm sediment avsatts i Trekantens djuphåla, vilket innebär att den genomsnittliga årliga sedimenttillväxten kan beräknas till drygt 7 mm/år.

3.2 Skärmbassäng

För att minska tillförseln av partikelbundna föroreningar till Trekanten tillskapades en invallning i sjöns västra del (Fig. 1). Den anlades år 2008-2009 som ett miljömiljardsprojekt (Åkerman et al. 2017). Bassängen består av skärmar av armerad PVC som avgränsar vattenmassorna så att partiklar kan sedimentera. Skärmbassängen består av två delar som avskiljs med en barriär i nordost/sydvästlig riktning. Tillrinningen av dagvatten sker till den norra delen som fungerar som försedimenteringsbassäng. Grova partiklar avskiljs här och

Figur 1 Skärmbassäng och dagvattentillförsel till denna i Trekantens västra del (Stockholm Vatten och avfall 2018)

3.3 Sonarkartering 2017

En sonarkartering genomfördes i Trekanten den 8 juni 2017 längs två transekter. Svepvidden på den närmast stranden var styrbord 50 m. Sonarbilden i figur 2 visar tydligt på tämligen tät bottenvegetation med gott om rotnölar längs stränderna. Den avskärmade sedimentationsbassängen i den västra delen framträder tydligt på sonarplottet där även bryggstolparna tydligt syns i nordvästlig till sydvästlig riktning som en rad med dubbla ekon längs bryggan. I mitten av bilden ser man även tydligt mellanväggen som åtskiljer de två delbassängerna i avskärmningen som ett svagt böjt eko. Mellanskärmnen ger en tydlig skugga norr om den böjda skärmen.



Figur 2 Sonarplott över den västra delen av Trekanten i juni 2017.

4 MATERIAL OCH METODER

Medarbetare vid fältarbetet har varit Ove Lindroth, Sollenkroka.

4.1 Utrustning

4.1.1 Provtagningsbåten Rana

I Trekantens skärmbassäng skedde fältstudierna från en öppen 4 m lång roddbåt av märket Rana med elektrisk utombordsmotor (Fig. 3).



Figur 3 Provtagningsbåten Rana.

4.1.2 Positionering

Positionering genomfördes med en GPS-utrustning av märket Garmin Aquatix 3. Utrustningen medger en positionsnoggrannhet av några få meter.

Vid provtagningen upprättades ett fältprotokoll för varje provtagningsstation där positionen i WGS-84, sedimentkaraktistik, provtagningsdjup och övriga observationer noterades. I efterhand har positionerna omräknats till SWEREF 99 1800.

4.1.3 Sedimentprovtagare

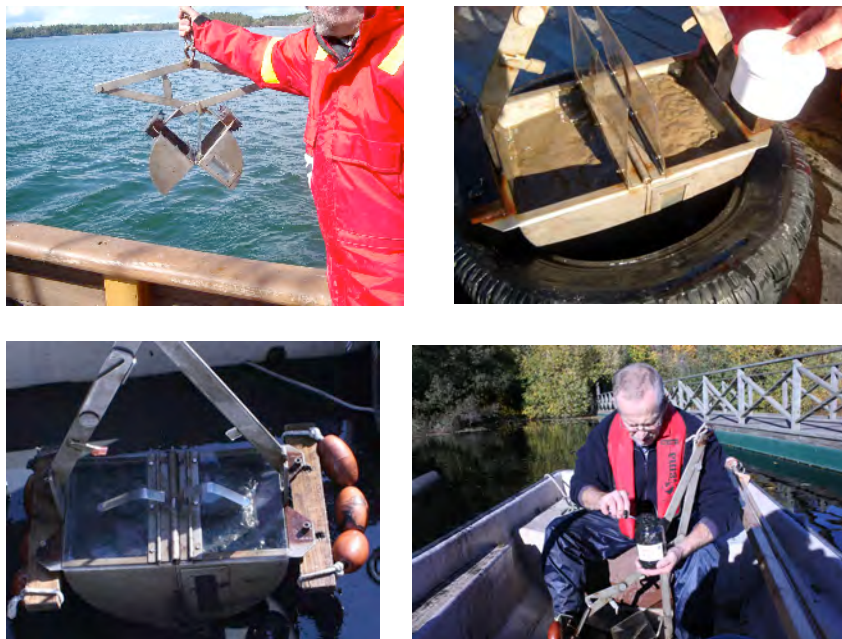
Två olika sedimenthämtare användes vid undersökningen.

4.1.3.1 Ponarhämtare

För ytsedimentprovtagning på E- och T-bottnar samt på grunt vatten användes den välbeprövade och för ytsedimentprovtagning ofta nyttjade modifierade Ponarhämtaren (Fig. 4; Håkanson och Jansson 1983). Den har en enkel och funktionellt tillförlitlig konstruktion. Löstagbara vikter gör att den kan användas på såväl mjuka som hårda bottnar. För att inte nedsjunkningen av hämtaren skulle bli för djup i lösa sediment modifierades den ytterligare genom att vikterna togs bort och flytkroppar applicerades på hämtaren.

Hämtaren medger fri vattenpassage under nedfiring. När den nått botten och draget i vajern upphör frisläpps låsmekanismen varvid hämtaren stänger när uppfirning påbörjas. Stor vikt lades vid att kontrollera att hämtaren inte var toppfylld, vilket kan medföra att delar av ytsedimentet gått förlorat. För att motverka att hämtaren sjönk för djupt togs vikterna bort och

den försågs med flytkroppar. Om misstanke fanns att hämtaren kunde ha sjunkit för djupt gjordes provtagningen om. Prov uttogs som representerar de översta 0-2 cm av sedimentet.



Figur 4 Över vänster: Ponarhämtaren laddad och redo för hugg. Över höger: Uttagning av ytsedimentprover. Nedre vänster: Utan tyngder och med flytkroppar. Nedre höger: Provtagning i norra skärmbassängen.

4.1.3.2 Jonsson-hämtaren

För att kunna genomföra sedimentundersökningarna i grunda sjöar utvecklades en ny enkel provtagare inför provtagning i Räckstasjön (Jonsson 2016). Den bygger på att sediment samlas i ett plaströr som normalt användes i Geminihämtaren (Winterhalter 1998). Röret är 80 cm långt och har en inre diameter av 80 mm. Det fästs med hjälp av slangklämmor till en 4 m lång träregel (45x70 mm; Fig. 5) med längdmarkeringar. Till träregeln anslöts en smalare (25x25 mm) regel med hjälp av två hållare. Till den smala regeln fästes en gummikork som passar för att stänga övre delen av Gemini-röret. Regeln anpassades i nedre delen så att den i uppdraget läge fastnade i den nedre hållaren.

Med korken i öppet läge trycktes hämtaren ned i sedimentet till en nivå som grundat sig på det aktuella vattendjupet. När hämtaren tryckts ned till önskat djup trycktes korken ned i Geminiröret och hämtaren togs upp till ytan. Innan den lyftes ombord sattes en gummikork också i den undre delen av röret för att hindra att sedimentet skulle rinna ut. Stor vikt lades vid att kolla att hämtaren inte var toppfylld, vilket kan medföra att delar av ytsedimentet gått förlorat. Kärnan lossades, förseglades med plasttape för transport till lab.

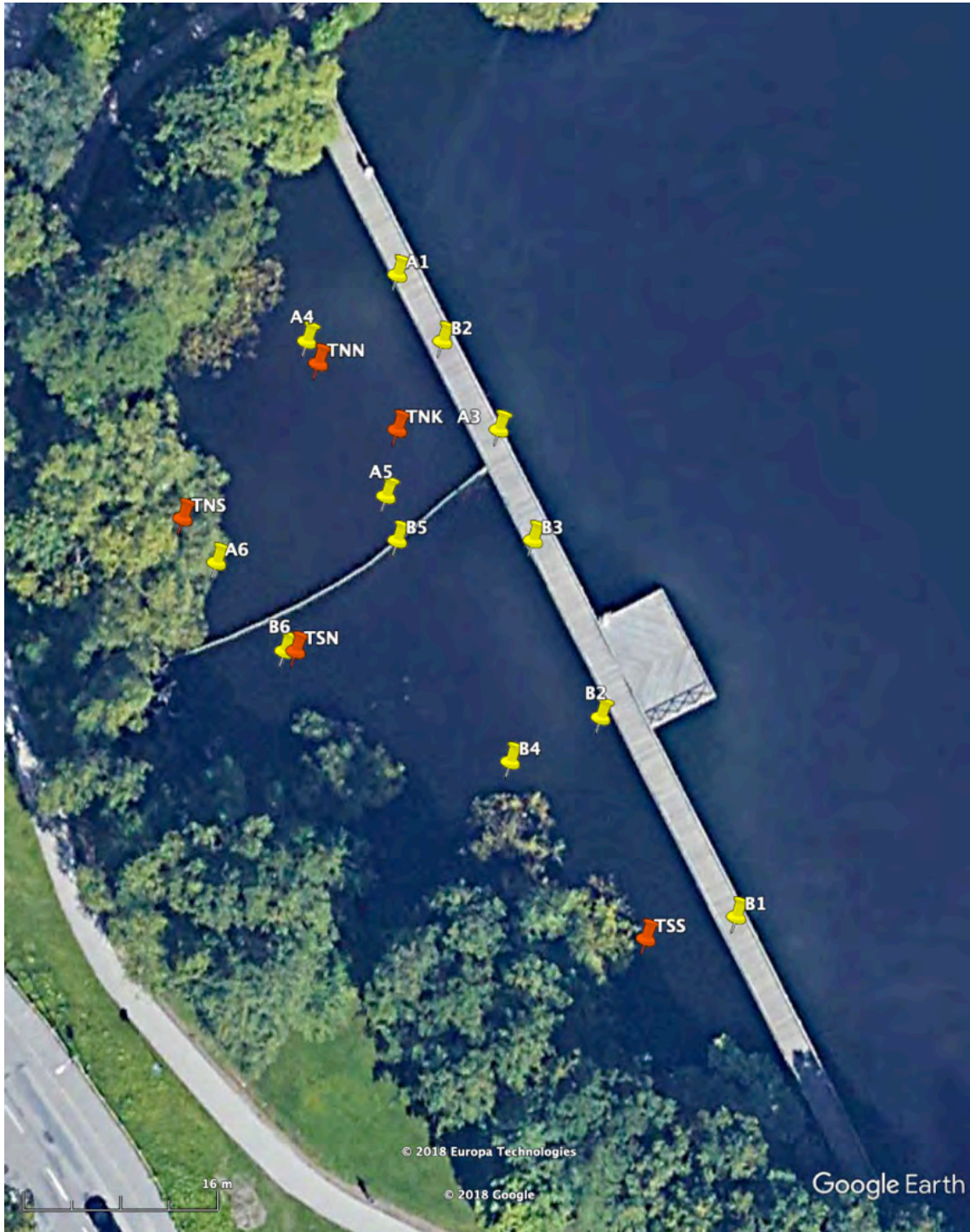
Jonsson-hämtaren har fungerat utmärkt på alla bottenar där vattenvegetationen på ytan varit sparsam. Funktionen har varit sämre vid kraftigt vegetationsklädd botten, eftersom vegetationen förhindrat tätning mellan rör och kork.



Figur 5 Jonsson-hämtaren (Jonsson 2016).

4.2 Sedimentprovtagning

Sedimentprovtagning genomfördes på 5 stationer i invallningen den 19 oktober 2018 (Fig. 6). Ytsediment (0-5 cm) uttogs med ponarhämtnare från tre stationer (**TNN**, **TNS** och **TNK**) i den norra delen och på två stationer (**TSN** och **TSS**) i den södra. En sedimentkärna togs på station **TNK** med Jonssonhämtnare för bestämning av föroreningshistoriken. De gulmarkerade positionerna är sedimentprovtagningsstationerna från undersökningen 2009.



Figur 6 Google Earth-bild över Trekantens skärmbassäng med sedimentprovstationerna inlagda. De gulmarkerade positionerna är sedimentprovtagningsstationerna från undersökningen 2009.

4.3 Provhantering

Ytsedimentproverna och kärnan transporterades efter provtagningen till kylrum och förvarades i $+4^{\circ}\text{C}$ i avvaktan på dokumentation, provuttag och vidare transport till ALS för analys.

4.4 Dokumentation av sedimentkärnor

För att undvika att löst sediment rann ut i samband med utskjutningen placerades sedimentkärnan avsedd för dokumentation i frysbox i ca 2 timmar så att de yttersta 3-4 mm frös till. Efter en snabb spolning med varmt vatten pressades sedimentkärnan ut ur röret med en utskjutare. Ett tunt isskikt både på ytsedimentet och på sidorna hindrade härigenom utflytning av löst sediment. Efter utskjutning av kärnan klövs den på mitten och de båda kärnhälvorna placerades i två rännor. De två halvorna fotograferades med digitalkamera. Bilderna överfördes sedan till dator för vidare bildanalys. I datorn analyserades kärnan noggrant med avseende på bland annat laminering, varvantal, varvtjocklek, färg och struktur.

4.5 Snittning av sedimentkärna

Kärnan som skulle användas för analys av metaller och miljögifter snittades med snittningsutrustning för Gemini-hämtaren. Prover uttogs på 0-10, 10-20, 20-30, 30-40, 40-50 cm. Den kärna som delades för dokumentation användes även för provuttag.

4.6 Analyser

4.6.1 Organiska föreningar

4.6.1.1 Tennorganiska föreningar

Bestämning har skett enligt metod ISO 23161:2011 med sur extraktion och slutbestämning har skett med GC-ICPMS.

4.6.1.2 Bromerade flamskyddsmedel

Bestämning enligt metod DIN EN ISO 22032. Bestämning av terbutryn, isoproturon, irgarol, MCP (mekoprop) och diuron enligt metod analog med DIN 38407-35. Slutbestämning har skett med GC-MS.

4.6.1.3 Klorparaffiner

Bestämning av klorparaffiner enligt ISO 12010. Mätning utfördes med GC-MS.

4.6.1.4 Polyklorerade bifenyler

Bestämning av polyklorerade bifenyler PCB (7 kongener) har skett enligt DIN ISO 10382. Slutbestämning har skett med GC-MS.

4.6.1.5 Bromerade flamskyddsmedel

Bestämning av Bromerade flamskyddsmedel (BDE28, 47, 99, 100, 153, 154, 209, HBCD) enligt DIN EN ISO 22032.

4.6.1.6 Bestämning av terbutryn, isoproturon, irgarol, MCP, diuron

Bestämning av terbutryn, isoproturon, irgarol, MCPP (mekoprop) och diuron enligt metod analog med DIN 38407-35.

4.6.1.7 Polycykliska aromatiska kolväten

Bestämning av polycykliska aromatiska kolväten, PAH (16 föreningar enligt EPA). Mätning utfördes med GC-MS.

PAH cancerogena utgörs av benso(a)antracen, krysen, benso(b)fluoranten, benso(k)fluoranten, benso(a)pyren, dibenso(ah)antracen och indeno(123cd)pyren.

PAH summa M: fluoren, fenantren, antracen, fluoranten och pyren

PAH summa H: benso(a)antracen, krysen, benso(b)fluoranten, benso(k)fluoranten, benso(a)pyren, indeno(1,2,3-c,d)pyren, dibenso(a,h)antracen och benso(g,h,i)perylene
Enligt direktiv från Naturvårdsverket oktober 2008.

PAH summa 11 utgörs av fenantren, antracen, fluoranten, pyren, benso(a)antracen, krysen, benso(b)fluoranten, benso(k)fluoranten, benso(a)pyren, benso(ghi)perylene och indeno(123cd)pyren. Enligt naturvårdsverkets rapport 4914.

4.6.1.8 Perfluorerade karboxylsyror, perfluorerade alkylsulfonater, perfluoroktansulfonamid

Bestämning av perfluorerade karboxylsyror, perfluorerade alkylsulfonater samt perfluoroktansulfonamid enligt DIN 38414-14.

4.6.1.9 PFOS, PFHxS, PFOSA

PFOS, PFHxS och PFOSA; Summan grenade och linjära rapporteras. Mätning utfördes med LC-MS/MS.

4.6.2 Sedimentologiska basparametrar

4.6.2.1 Vattenhalt

Vattenhalten bestämdes av ALS efter frystorkning enligt metod DIN 38414-S22.

4.6.2.2 Glödförlust

Glödförlust bestämdes av ALS enligt DIN EN 15169.

4.6.2.3 Totalt organiskt kol (TOC)

Bestämning av TOC enligt DIN ISO 10694.

4.6.3 Metaller

Bestämning av metaller enligt ALS analyspaket M-2. Provet har torkats vid 50°C och elementhalterna torrsbstanskorregerats. Upplösning har skett med salpetersyra och

slutbestämning har skett med ICP-SFMS enligt SS EN ISO 17294-1, 2 (mod) samt EPA-metod 200.8 (mod).

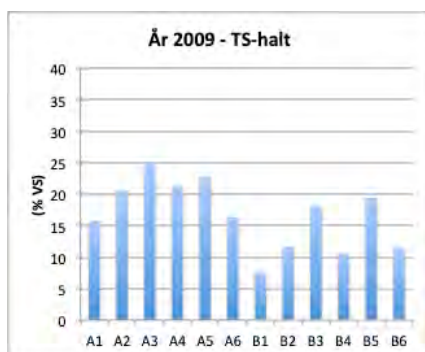
5 RESULTAT OCH DISKUSSION

5.1 Jämförelse ytsediment 2009 och 2018

5.1.1 Torrsubstanshalt och organisk halt

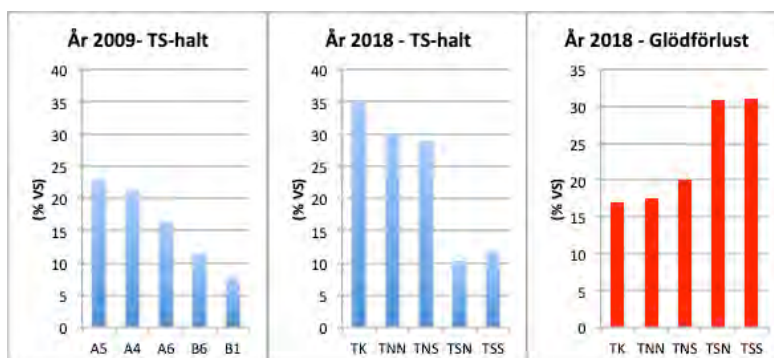
Torrsubstanshalt och glödförlust är två grundläggande sedimentparametrar som ofta används för att separera ackumulationsbottnar (A-bottnar) från erosions- och transportbottnar (E/T-bottnar). En tumregel är att torrsubstanshalten (TS) i ytsediment bör vara < 25 % för att sedimentet skall kunna karaktäriseras som en A-botten (Håkanson and Jansson, 1983). På motsvarande sätt bör glödförlusten (LOI) överstiga 10 % för att det med säkerhet skall röra sig om A-bottensediment.

Vid provtagningen 2009 varierade torrsubstanshalterna mellan 7,7 och 24,8 % VS (Fig. 7) vilket är en tämligen stor variation inom ett så begränsat område. Eftersom TS-halterna på alla punkter understiger 25 % VS kan konstateras att invallningens ytsediment 2009 kan karaktäriseras som ackumulationssediment. Glödförlust analyserades inte 2009.



Figur 7 Torrsubstanshalt i ytsediment i den nyanlagda skärmbassängen 2009.

I den fortsatta framställningen kommer haltjämförelser att göras mellan 5 närbelägna stationer som analyserats både 2009 och 2018 (Jfr Fig. 8). Torrsubstanshalten är signifikant ($p=0,05$) högre år 2018 på framförallt stationerna TNN, TNS och TK som alla är tagna i den norra

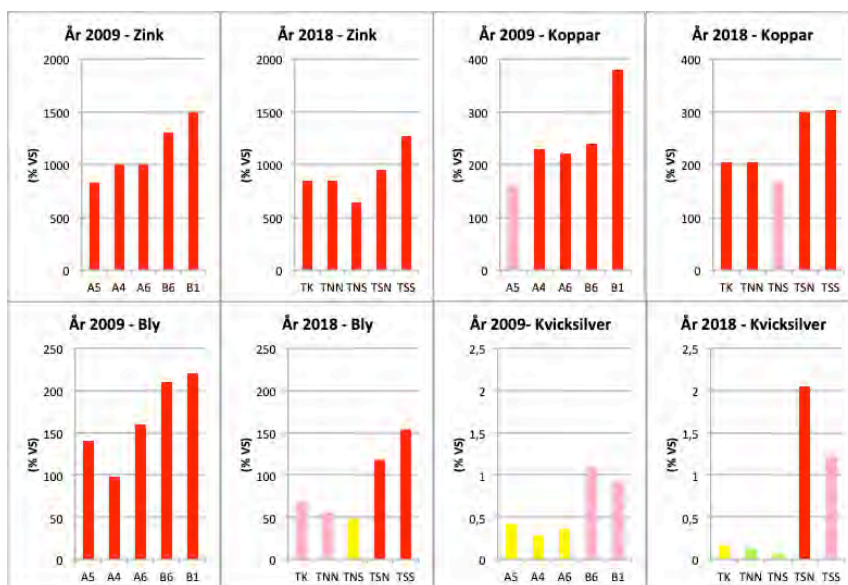


Figur 8 Torrsubstanshalt i ytsediment på närbelägna stationer år 2009 och 2018 och glödförlust (LOI) på samma stationer från 2018.

bassängen, där den primära sedimentationen sker. Det är logiskt att de större partiklarna sedimenterar här, vilket kan förklara den högre TS-halten i denna del av invallningen. Den högre glödförlusten i den södra bassängen styrker denna slutsats.

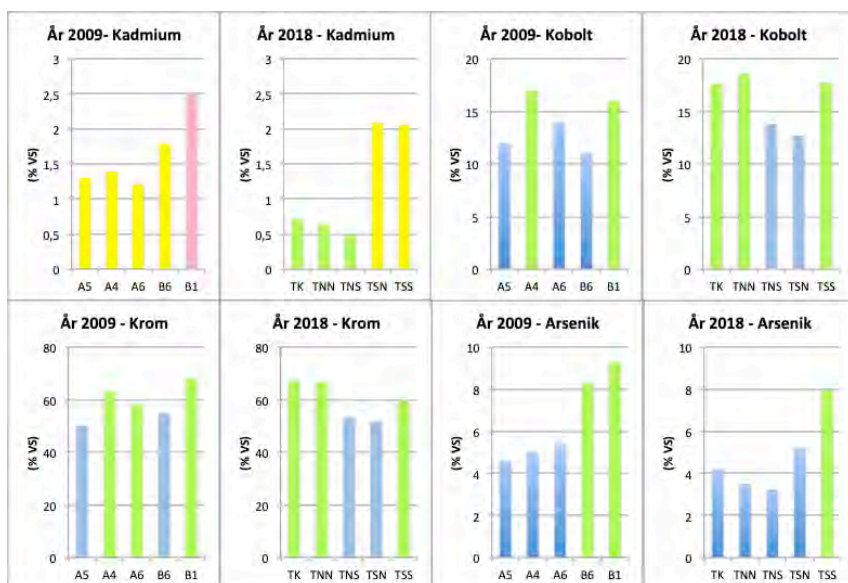
5.1.2 Metaller

I figur 9 har halterna i ytsedimenten från provtagningsstationerna sammanställts för zink, koppar, bly och kvicksilver. Halterna har klassats utifrån regionala bakgrundsvärden i Stockholmsområdet (Tabell 1) och färglagts i enlighet med tabellen.



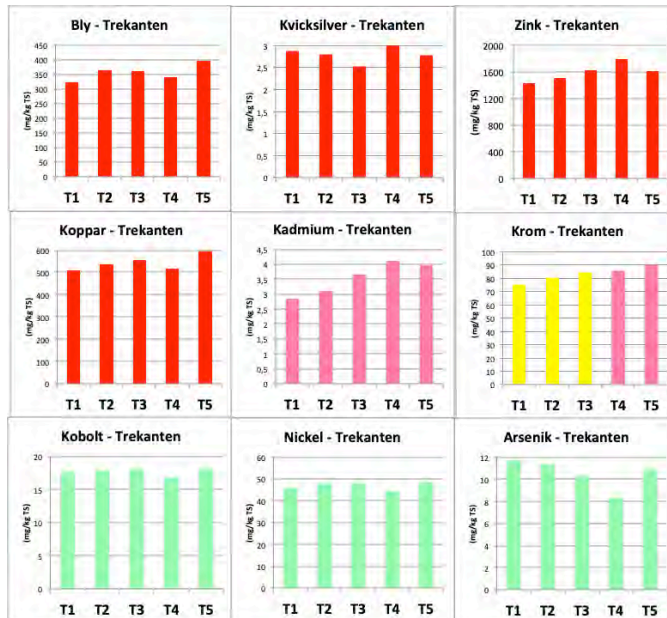
Figur 9 Zink, koppar, bly och kvicksilver i ytsediment på närbelägna stationer i skärbassängen år 2009 och 2018.

Zink-, koppar- och blyhalterna uppvisar stor eller mycket stor avvikelse från bakgrundsnivåerna. t-test visar att signifikanta minskningar har skett av halterna för bly ($p=0,003$) och zink ($p=0,036$) mellan 2009 och 2018. Övriga haltändringar (Fig. 10) är inte signifikanta.



Figur 10 Kadmium, kobolt, krom och arsenik i ytsediment på närbelägna stationer i skärmbassängen år 2009 och 2018.

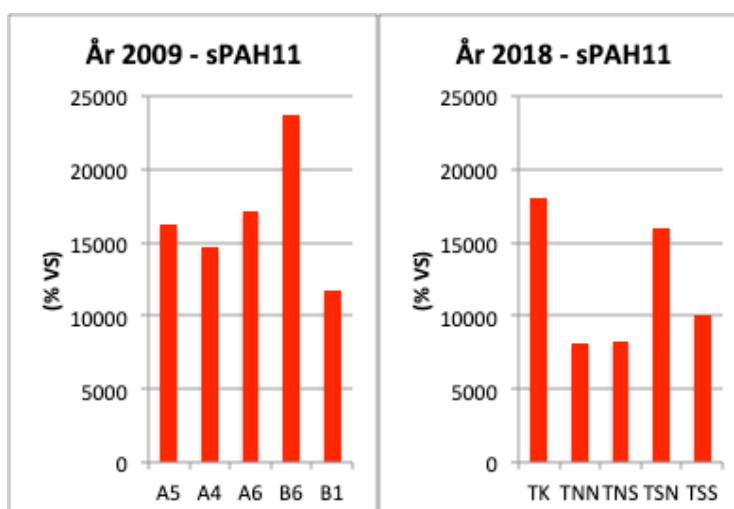
Halterna av metaller i skärmbassängens ytsediment kan generellt sägas vara lägre än i öppna Trekantens sediment (Jfr fig. 9 med fig. 11).



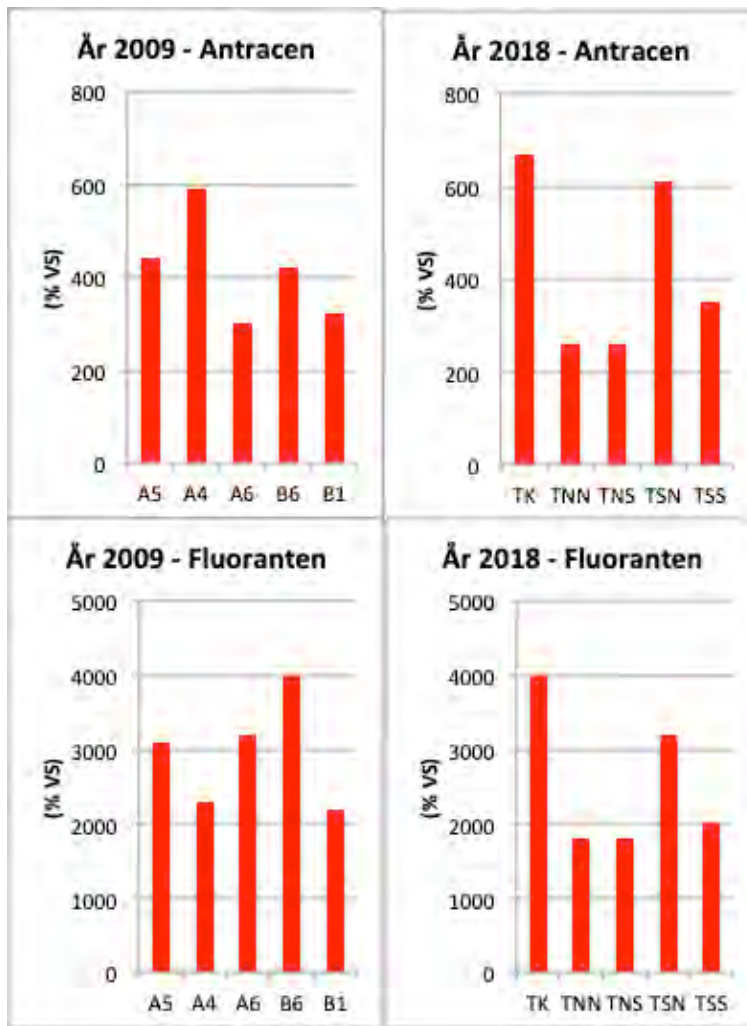
Figur 11 Metaller i ytsediment från öppna Trekanten (Från Jonsson 2018).

5.1.3 Organiska föroreningar

sPAH11 (Fig. 12), antracen (Fig. 13) och fluoranten (Fig. 14) uppvisar alla mycket höga halter i skärmbassängen, vilket med stor sannolikhet kan kopplas till läget med mycket fordonstrafik genom tillrinningsområdet. Det tycks som om halterna har sjunkit något av såväl sPAH11 som antracen och fluoranten, men eventuella minskningar är inte signifikanta.

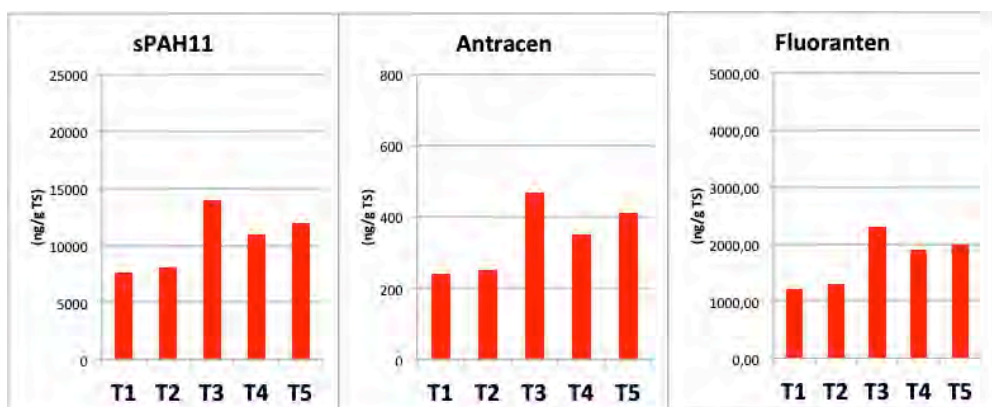


Figur 12 sPAH11 i ytsediment på närbelägna stationer i skärmbassängen år 2009 och 2018.



Figur 13 Antracen och fluoranten i ytsediment på närbelägna stationer i skärmbassängen år 2009 och 2018.

Halterna av sPAH11 är 13 % lägre i öppna Trekanten (Fig. 14) än i skärmbassängen. För antracen och fluoranten är motsvarande halter 20 % respektive 32 % lägre.



Figur 14 sPAH11, antracen och fluoranten i ytsediment i öppna Trekanten 2018.

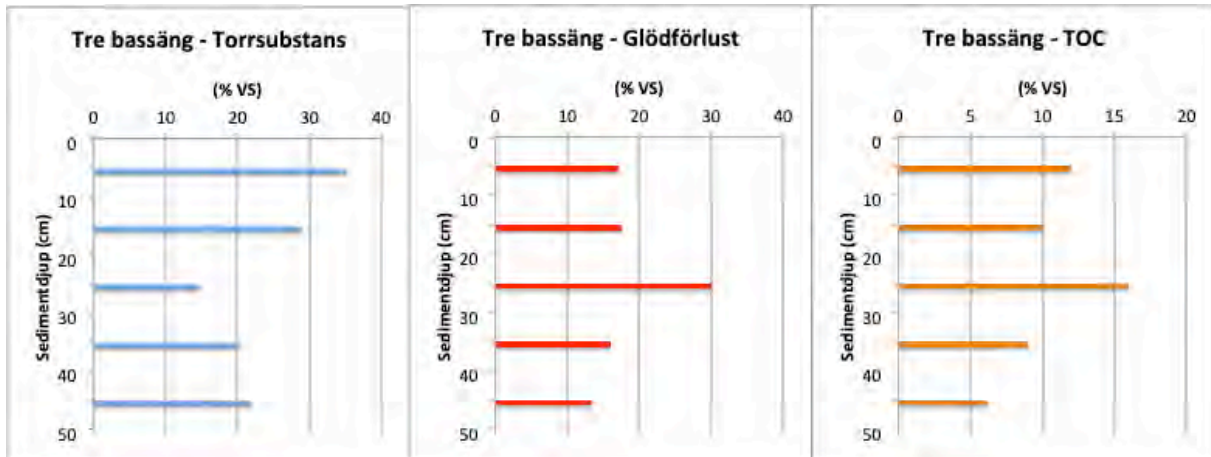
5.2 Föroreningshistorik

Utseendet på sedimentkärnan TK från skärmbassängens norra del är mycket karaktäristisk med ett tydligt mörkt skikt ned till 22 cm (Fig. 15). Här sker en distinkt övergång till underliggande betydligt ljusare sediment. Den övre decimetern av det ljusare skiktet är att karaktärisera som något grynigt och avviker i strukturen från underliggande slätare och mindre grynigt sediment.



Figur 15 Sedimentkärnan TK från skärmbassängen.

Torrsubstanshalten ökar mot sedimentytan (Fig. 16) tvärt emot vad som är vanligt på en normal ackumulationsbotten. I det övre mörka skiktet är TS-halten ca 30 % eller mer. I den övre delen av det ljusare skiktet är den organiska halten högre än både överlagrande och underliggande skikt. I det undre ljusare skiktet är TS-halten ca 20 % och såväl glödförlusten som TOC lägre än i skikten ovanför.

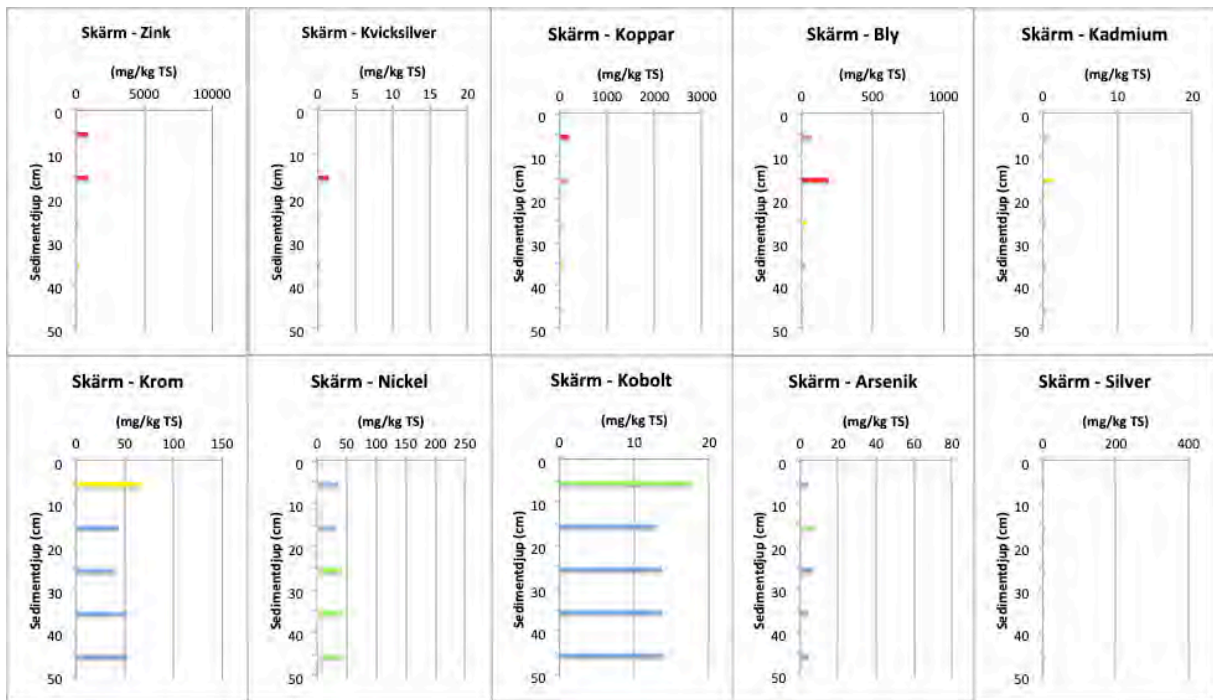


Figur 16 Torrsubstanshalt, glödförlust och totalt organiskt kol (TOC) i sedimentkärnan TK från skärmbassängen.

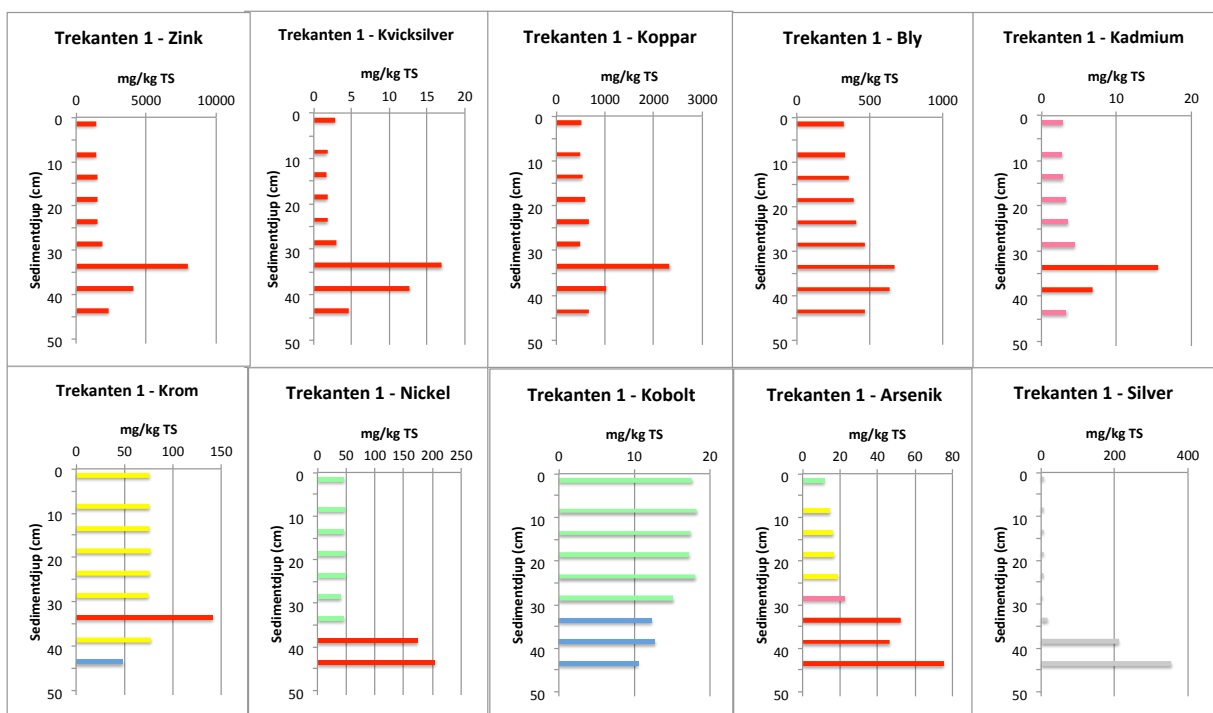
5.2.1 Metaller

Haltprofilerna i kärnan från skärmbassängen uppvisar karaktäristiska och likartade fördelningsmönster för zink, kvicksilver, koppar och bly (Fig. 17). Halterna i de översta 20 centimeterna uppvisar stor eller mycket stor avvikelse i förhållande till bakgrunden. Djupare än 20 cm är halterna av dessa metaller avsevärt lägre och har betydligt mindre avvikelse från bakgrunds nivåerna.

I figur 18 har även lagts in motsvarande haltfördelningar från den tidigare studerade sedimentkärnan från öppna Trekanten 2017 (Jonsson 2018b). Skalorna har anpassats så de är lika i båda kärnorna.



Figur 17 Metallhalter i sedimentkärnan TK från skärbassängen 2018.

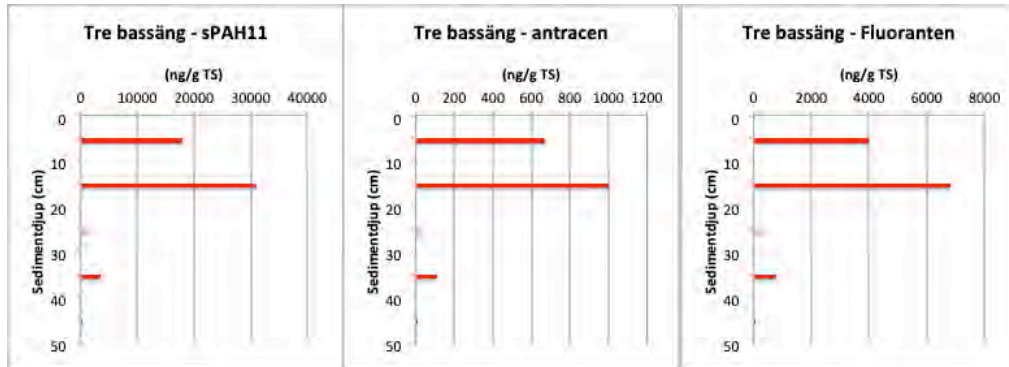


Figur 18 Metallhalter i sedimentkärnan Trekanten 1 från öppna Trekanten 2017.

Vid en jämförelse mellan de två kärnorna är det ganska tydligt att metallhalterna inne i skärbassängen inte är högre än i öppna Trekanten, snarare tvärtom.

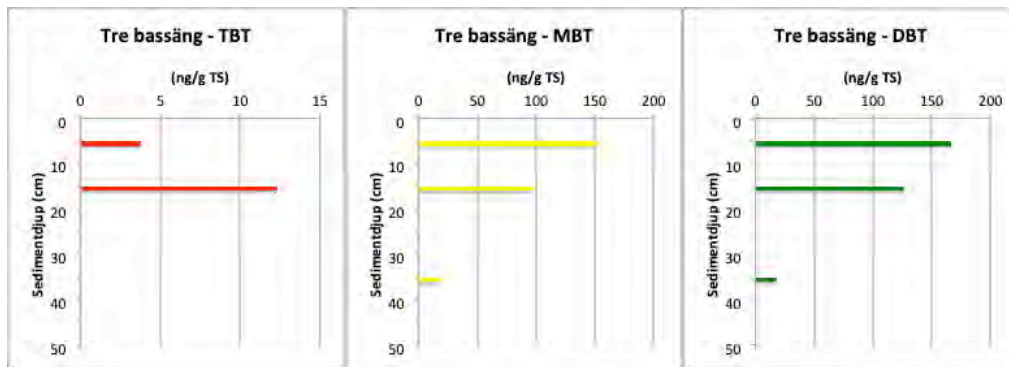
5.2.2 Organiska föroreningar

PAH-halterna är mycket höga i de övre 20 centimeterna av kärnan från skärmbassängen (Fig. 19). sPAH11-halten är 6-11 gånger högre än gränsvärdet mellan klass 4 och 5. De enskilda kongenerna antracen och fluoranten är ännu mer förhöjda, 10-20 gånger. På större sedimentdjup än 20 cm är halterna mycket lägre.

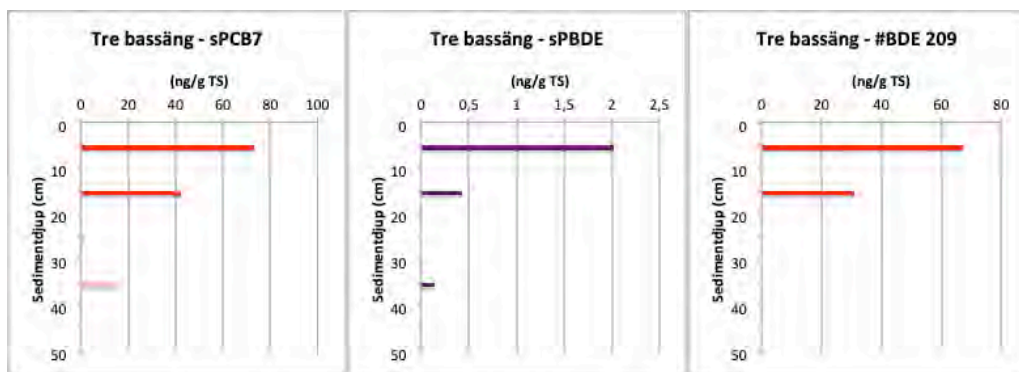


Figur 19 sPAH11, antracen och fluoranten i sedimentkärnan från skärmbassängen.

Även de organiska tennföreningarna beskriver likartade förlopp i kärnan från skärmbassängen (Fig. 20) som polyaromaterna. Detta gäller också för sPCB7, sPBDE och BDE 209 (Fig. 21).



Figur 20 TBT, MBT och DBT i sedimentkärnan från Trekantens skärmbassäng.



Figur 21 sPCB7, sPBDE och BDE 209 i sedimentkärnan från Trekantens skärmbassäng.

5.3 Fastläggning av föroreningar i skärmbassängen

Som visats i tidigare avsnitt är halterna av i stort sett alla föroreningar mycket högre i det övre mörkbruna skiktet än i det ljusare skiktet nedanför 22 centimeters sedimentdjup (Fig. 22 vänster bild). Det är därför troligt att denna gräns representerar tiden för anläggningen av skärmbassängen. Om vi antar att denna kärna är representativ för sedimenttillväxten inom skärmbassängen har 22 cm deponerats på 9 år, d.v.s. knappt 25 mm/år.



Figur 22 Bild på den dokumenterade sedimentkärnan från station TK i den norra delen av skärmbassängen och sedimentkärnan Trekanten 1 från den djupaste delen av öppna Trekanten (Från Jonsson 2018).

I Tabell 3 har data sammanställts för att på ett enkelt sätt göra en överslagsberäkning på hur stora mängder föroreningar som årligen fastläggs i bassängen. I samma tabell har även den årliga fastläggningen i öppna Trekanten beräknats.

I rapporten om öppna Trekanten (Jonsson 2018b) gjordes en uppskattning av den årliga sedimenttillväxten. I kärnan Trekanten 1 från djuphålan (Fig. 22 höger bild) kunde den, räknat över perioden från 1960 till 2017, uppskattas till i genomsnitt 7 mm/år. Utifrån identifierbara horisonter i ytterligare tre kärnor kunde sedimenttillväxten på dessa stationer beräknas till 2,6, 3,7 och 4,6 mm/år. I Tabell har den genomsnittliga tillväxten kunnat uppskattas till 4,5 mm/år.

Tabell 3 Beräkningsgrund för fastläggning av föroreningar i sediment i öppna Trekanten och i skärmbassängen.

Område	Sed.area (m ²)	Sed.tillväxt (mm/år)	TS-halt (% VS)	TS-deposition (kg per m ² och år)	TS-deposition (kg/område)
Öppna Trekanten	120000	4,5	10	0,45	54000
Skärmbassängen	2000	25	23	5,8	11600

Utifrån sjöarea, ackumulationsbottenarea, sedimenttillväxt och föroreningshalter har den totala sedimentfastläggningen av föroreningar kunnat beräknas och ställas i relation till den årliga föroreningsavskiljningen i skärmbassängen (Tabell 4).

Vad gäller de olika metallerna utgör den mängd som årligen sedimenterar i skärmbassängen mellan 5 och 15 % av det som fastläggs i öppna Trekantens sediment. För de polyaromatiska kolvätena är fastläggningen i skärmbassängen relativt sett högre och utgör 25-33 % av de mängder som sedimenterar i öppna Trekanten.

Tabell 4 Fastläggning av föroreningar i sediment i öppna Trekanten och i skärmbassängen.

Område	Parameter	Medelhalt (mg/kg TS)	Föroreningsdeposition (kg/område/år)
Öppna Trekanten	Kadmium	3,5	0,19
	Krom	83	4,5
	Koppar	543	29
	Kvicksilver	2,8	0,15
	Bly	357	19
	Zink	1592	86
	sPAH11	10,5	0,57
	antracen	0,344	0,02
	fluoranten	1,74	0,09
Skärmbassängen	Kadmium	1,2	0,01
	Krom	60	0,7
	Koppar	236	3
	Kvicksilver	0,7	0,008
	Bly	89	1,0
	Zink	910	11
	sPAH11	12	0,14
	antracen	0	0,005
	fluoranten	3	0,03

6 REFERENSER

- Anonymous, 2018. Lodning & bedömning av sediment Trekanten skärmbassäng. Rapport 2018-09-14, Järven Ecotech. 3 sidor plus bilaga.
- HVMFS 2013:19, 2015. Havs- och vattenmyndighetens föreskrifter.
- HVMFS 2015:4, 2015. Havs- och vattenmyndighetens föreskrifter.

- Håkanson, L. and Jansson, M., 1983. Principles of lake sedimentology. Springer-Verlag, Berlin, 316 p.
- Jonsson, P., 2016. Metaller och organiska miljöföroreningar i sediment i Råcksta Träsk. JP Sedimentkonsult Rapport 2016:1, 38 sid plus bilagor.
- Jonsson, P., 2018a. Regionala bakgrundshalter av metaller, PAH-er och dioxiner/furaner i Stockholmsområdet. JP Sedimentkonsult Rapport 2018:5, 24 sid plus bilagor.
- Jonsson, P., 2018b. Metaller och organiska miljöföroreningar i Judarn, Kyrksjön, Långsjön och Trekanten 2017. JP Sedimentkonsult Rapport 2018:1, 76 sidor plus bilagor.
- Magnusson, M. och Samuelsson, P.-O., 2012. TBT-forskning ger bättre hantering av förorenade sediment. I HAVET – om miljötillståndet i svenska havsområden, sid 89-92. ISBN 978-91-87025-12-9 (Havs- och vattenmyndigheten).
- Naturvårdsverket, 1999. Rapport 4914. Bedömningsgrunder för miljökvalitet - Kust och hav. Naturvårdsverket, Stockholm, ISBN 91-620-4917-8, ISSN 0282-7298, 136 sid.
- Naturvårdsverket, 2013. Tabell 30 i Naturvårdsverkets rapport 4914 (1999). Bedömningsgrunder för miljökvalitet – Kust och hav har ändrats.
<http://www.naturvardsverket.se/Stod-imiljoarbetet/>
- Stockholm Vatten och Avfall, 2018. Karta över skärbassäng och dagvattentillförsel i Trekantens västra del.
- Åkerman, S., Jönsson, R. och Hernefeldt, P. C., 2017. Underlag till lokalt åtgärdsprogram för Trekanten. WRS AB RAPPORT nr 2017-1056-A
- Östlund, P., Sternbeck, J. & Brorstöm-Lundén, E., 1998: Metaller, PAH, PCB och total-kolväten i sediment runt Stockholm – flöden och halter. IVL-rapport B 1297, 97 s.

BILAGA 1

Protokoll och fotografi från sediment- provtagning i Trekanten 2018

Norra bassängen

Station TK

Position

WGS-84

Lat 59 18,686

Long 18 00,581

SWEREF99 1800

6577362.119

150551.518

Djup: 2,0 m

Provtagare: Jonsson-hämtare



Station TNN*Position*

WGS-84	Lat 59 18,689	Long 18 00,574
SWEREF99 1800	6577367.688	150544.873
Djup: 2,0 m		
Provtagare: Ponar-hämtare		

Station TNS*Position*

WGS-84	Lat 59 18,682	Long 18 00,562
SWEREF99 1800	6577354.69	150533.484
Djup: 1,5 m		
Provtagare: Ponar-hämtare		

Södra bassängen**Station TSN***Position*

WGS-84	Lat 59 18,676	Long 18 00,572
SWEREF99 1800	6577343.551	150542.978
Djup: 2,0 m		
Provtagare: Ponar-hämtare		

Station TSS*Position*

WGS-84	Lat 59 18,663	Long 18 00,603
SWEREF99 1800	6577319.419	150572.409
Djup: 2,0 m		
Provtagare: Ponar-hämtare		

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	From: ALS Scandinavia AB										
2	To: Stockholms Miljöförvaltning										
3	Program: JORD										
4	Ordernumber: T1834741 (INK3169000630; Trekanten)										
5	Report created: 2018-12-18										
6											
7	ELEMENT	SAMPLE	TNN (0-2)	TNS (0-2)	TSN (0-2)	TSS (0-2)	TK (0-10)	TK (10-20)	TK (20-30)	TK (30-40)	TK (40-50)
8	Sampling Date										
9	TS_105°C	%	29,9	28,3	10,2	11,8	33,8	30,8	15,5	21	23,6
10	As	mg/kg TS	3,51	3,24	5,22	7,95	4,2	7,97	6,92	4,23	4,55
11	Cd	mg/kg TS	0,636	0,474	2,09	2,06	0,712	1,65	0,448	0,585	0,639
12	Co	mg/kg TS	18,6	13,8	12,7	17,8	17,6	13	13,6	13,7	13,8
13	Cr	mg/kg TS	66,8	53,3	51,8	59,5	67,4	43,6	39,8	52,2	52,2
14	Cu	mg/kg TS	205	168	300	303	205	176	65,4	74,6	58,8
15	Hg	mg/kg TS	0,126	0,0752	2,05	1,22	0,165	1,42	0,0903	0,0512	<0,04
16	Ni	mg/kg TS	34,7	28	37,6	44,9	35,2	31,8	42	42,3	42,9
17	Pb	mg/kg TS	55,8	48,3	118	154	70,1	191	34,6	25,5	18
18	V	mg/kg TS	103	79,1	52,4	69,4	94,7	54,7	47,3	65,2	64,6
19	Zn	mg/kg TS	842	642	950	1270	847	884	121	206	131
20	Ag	mg/kg TS	0,344	0,257	2,27	2,95	0,4	5,5	0,345	0,176	0,175
21	Fe	mg/kg TS	38500	30600	29300	34500	37800	24200	30100	36200	37500
22	P	mg/kg TS	994	922	1280	1440	966	834	753	693	659
23	S	mg/kg TS	4860	4510	19000	21400	5280	10700	17600	12500	13200
24	Sn	mg/kg TS	12,5	8,92	11,8	11,8	11,5	16,3	1,34	2,41	1,1
25	glödförlust	% av TS	17,5	20,1	30,9	31	17	17,6	30,1	16	13,4
26	TOC	% av TS	12	12	18	19	12	10	16	9	6,2
27	frystorkning		ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja
28	TS_105°C	%	30,1	29	10,3	11,8	35,1	28,9	14,7	20,2	21,9
29	naftalen	mg/kg TS	<0,10	<0,10	0,12	0,11	0,1	0,26	0,026	<0,10	0,011
30	acenaftilen	mg/kg TS	<0,10	<0,10	0,25	0,14	0,13	0,32	0,011	<0,10	<0,0050
31	acenaften	mg/kg TS	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	0,15	0,0064	<0,10	<0,0050
32	fluoren	mg/kg TS	<0,10	0,11	0,16	0,12	0,24	0,32	0,028	<0,10	0,006
33	fenantren	mg/kg TS	0,61	0,64	1	0,63	1,9	2,4	0,11	0,33	0,019
34	antracen	mg/kg TS	0,26	0,26	0,61	0,35	0,67	1	0,032	0,11	0,0052
35	fluoranten	mg/kg TS	1,8	1,8	3,2	2	4	6,8	0,35	0,79	0,025
36	pyren	mg/kg TS	1,7	1,6	2,5	1,7	3,3	5,3	0,27	0,68	0,016
37	bens(a)antracen	mg/kg TS	0,8	0,86	1,8	1	1,9	3,5	0,13	0,32	0,007
38	krysen	mg/kg TS	0,81	0,86	1,4	0,78	1,7	3,1	0,12	0,33	<0,010
39	bens(b)fluoranten	mg/kg TS	0,6	0,55	1,5	1	1,2	2,6	0,18	0,34	0,011
40	bens(k)fluoranten	mg/kg TS	0,3	0,34	0,89	0,53	0,61	1,4	0,098	0,15	<0,0050
41	bens(a)pyren	mg/kg TS	0,41	0,5	1,3	0,71	0,95	2,1	0,15	0,21	0,0056
42	dibens(ah)antracen	mg/kg TS	0,13	0,15	0,31	0,18	0,22	0,44	0,029	<0,10	<0,0050
43	benso(ghi)perylen	mg/kg TS	0,45	0,51	0,9	0,65	0,78	1,3	0,095	0,19	0,0082
44	indeno(1,2,3cd)pyren	mg/kg TS	0,33	0,42	1,1	0,69	0,72	1,5	0,11	0,17	0,0088
45	PAH, summa 16	mg/kg TS	8,2	8,6	17	10	18	32	1,7	3,6	0,12
46	PAH, summa cancerogena	mg/kg TS	3,4	3,7	8,3	4,9	7,3	15	0,82	1,5	0,032
47	PAH, summa övriga	mg/kg TS	4,8	4,9	8,7	5,7	11	18	0,93	2,1	0,09
48	PAH, summa L	mg/kg TS	<0,15	<0,15	0,37	0,25	0,23	0,73	0,043	<0,15	0,011
49	PAH, summa M	mg/kg TS	4,4	4,4	7,5	4,8	10	16	0,79	1,9	0,071
50	PAH, summa H	mg/kg TS	3,8	4,2	9,2	5,5	8,1	16	0,91	1,7	0,041
51	PAH, summa 11	mg/kg TS	8,1	8,3	16	10	18	31	1,6	3,6	0,11
52	monobutylenn	µg/kg TS	98,5	88,2	68,2	84,6	152	97,8	<3	20,1	<2
53	dibutylenn	µg/kg TS	173	171	47,3	65,6	166	127	<3	17,5	<2
54	tributylenn (TBT)	µg/kg TS	1,74	2,09	7,07	15,6	3,77	12,3	<0,6	<0,5	<0,5
55	tetrabutylenn	µg/kg TS	<2	<2	<5	<7	<2	<1	<3	<2	<2
56	monooktylenn	µg/kg TS	7,4	<2	<5	<7	<2	<1	<3	<2	<2
57	dioktylenn	µg/kg TS	<2	<2	<5	<7	<2	<1	<3	<2	<2
58	tricyklohexylenn	µg/kg TS	<2	<2	<5	<7	<2	<1	<3	<2	<2
59	monofenylenn	µg/kg TS	<2	<2	<5	<7	<2	<1	<3	<2	<2
60	difenylenn	µg/kg TS	<2	<2	<5	<7	<2	<1	<3	<2	<2
61	trifenylenn	µg/kg TS	<2	<2	<5	<7	<2	<1	<3	<2	<2
62	PCB 28	mg/kg TS					0,00064	0,0012	0,000056	0,00024	<0,00010
63	PCB 52	mg/kg TS					0,0017	0,0027	0,000082	0,00043	<0,00010
64	PCB 101	mg/kg TS					0,0075	0,0064	0,00012	0,0017	<0,00010
65	PCB 118	mg/kg TS					0,0033	0,0041	0,0001	0,00077	<0,00010
66	PCB 138	mg/kg TS					0,017	0,0099	0,00019	0,0035	<0,00010
67	PCB 153	mg/kg TS					0,021	0,01	0,00021	0,0042	<0,00010
68	PCB 180	mg/kg TS					0,022	0,0081	0,00015	0,0046	<0,00010
69	PCB, summa 7	mg/kg TS					0,073	0,042	0,00091	0,015	<0,0004
70	BDE 28	µg/kg TS					<0,20	<0,050	<0,10	<0,20	<0,050
71	BDE 47	µg/kg TS					1,2	0,23	<0,10	0,14	<0,050
72	BDE 99	µg/kg TS					0,63	0,2	<0,50	<0,10	<0,050
73	BDE 100	µg/kg TS					0,19	<0,10	<0,50	<0,10	<0,050
74	BDE 153	µg/kg TS					<0,20	<0,10	<0,50	<0,50	<0,10
75	BDE 154	µg/kg TS					<0,20	<0,10	<0,50	<0,50	<0,10
76	BDE 209 (DeBDE)	µg/kg TS					67	31	<2,5	<5,0	<1,0
77	dekaBDE (BDE209)	µg/kg TS					67	31	<2,5	<5,0	<1,0
78	hexabromcyklododekan(HBCD)	µg/kg TS					<50	220	<5,0	<50	<5,0
79	terbutryn	mg/kg TS					0,014				
80	irgarol (cybutryn)	mg/kg TS					<0,0010				
81	isoproturon	mg/kg TS					<0,0010				
82	MCPP (mekoprop)	mg/kg TS					<0,0010				
83	diuron	mg/kg TS					<0,010				
84	klorparaffiner C10-C13 (SCCP)	mg/kg TS					1,2				
85	klorparaffiner C14-C17 (MCCP)	mg/kg TS					0,14				
86	PFBA perfluorbutansyra	mg/kg TS					<0,0010				
87	PFPeA perfluorpentansyra	mg/kg TS					<0,0010				
88	PFHxA perfluorhexansyra	mg/kg TS					<0,0010				
89	PFHpA perfluorheptansyra	mg/kg TS					<0,0010				
90	PFOA perfluoroktansyra	mg/kg TS					<0,0010				
91	PFNA perfluoronansyra	mg/kg TS					<0,0010				
92	PFDA perfluordekansyra	mg/kg TS					<0,0010				
93	PFUnDA perfluorundekansyra	mg/kg TS					<0,0010				
94	PFDODA perfluordodekansyra	mg/kg TS					<0,0010				
95	PFBS perfluorbutansulfonsyra	mg/kg TS					<0,0010				
96	PFHxS perfluorhexansulfonsyra	mg/kg TS					<0,0010				
97	PFOS perfluoroktansulfonsyra	mg/kg TS					<0,0010				
98	PFDS perfluordekansulfonsyra	mg/kg TS					<0,0010				
99	FOSA perfluoroktansulfonamid	mg/kg TS					<0,0010				
100	6:2 FTS fluortelomersulfonat	mg/kg TS					<0,0010				