



2015-02-27

RAPPORT



Kadmiumbelastning i Emåns nedre delar

Framställd för:
Länsstyrelsen i Kalmar Län

Uppdragsnummer: 1251240114

Distributionslista:

Länsstyrelsen i Kalmar Län
Mönsterås kommun
Golder Associates AB





Innehållsförteckning

1.0	INLEDNING	6
2.0	SYFTE	6
3.0	EMÅN	6
4.0	TIDIGARE UNDERSÖKNINGAR	7
5.0	UTFÖRDA UNDERSÖKNINGAR	8
6.0	DET HYDROLOGISKA MÄTÅRET	10
7.0	KADMIUMS GEOKEMI	11
8.0	RESULTAT	12
8.1	Inledande ytvattenprovtagning	12
8.2	Sedimentkartering	13
8.3	Jord vid Jungnerholmarna	14
8.4	Ytvattenprovtagning	14
8.4.1	Kadmiumhalter	14
8.4.2	Fysikalisk-kemiska parametrar	16
8.4.3	Flöden	17
8.5	Fokuspunkter	19
8.5.1	Fysikalisk-kemiska parametrar	19
8.5.2	Ytligt och djupt vatten	21
8.5.3	Sedimentfällor	23
8.5.4	Suspendatfiltrering	24
8.5.5	Sedimentprover i fokuspunkter	26
8.5.6	Porvattenextraktion	26
9.0	MASSTRANSPORT	28
10.0	MILJÖRISKBEDÖMNING	33
10.1	Jämförelse med riktvärden	33
10.2	Jämförelse med andra vattendrag	35
10.3	Geokemiska processer	35
10.3.1	Diffusion	35



10.3.2	Resuspension och återsedimentation, transport i vattenmassan	37
10.3.3	Korrelationer.....	41
10.4	Kadmiumkällor	43
10.4.1	Kadmium i ytvatten och flöde.....	43
10.4.2	Kadmium i sedimenten	46
10.4.3	Våtmarker – källa eller fälla?	47
10.4.4	Andra möjliga källor vad gäller spridning av kadmium	50
10.5	Framtida spridning	51
10.5.1	Kadmiumhalter i sedimenten	51
10.5.2	Kadmiumhalter i vattnet	52
10.5.3	Uppskattning av totalt upplagrad mängd kadmium	55
10.5.4	Kadmiumtransport.....	55
10.5.5	Beräkning av framtida kadmiumläckage.....	57
11.0	SLUTSATSER.....	58
11.1	Osäkerheter	59
12.0	ÅTGÄRDSMÖJLIGHETER OCH FORTSATTA UNDERSÖKNINGAR	59
12.1	Fortsatta undersökningar.....	59
12.1.1	Jungnerholmarna	59
12.1.2	Våtmarker omkring Emåns nedre delar.....	60
12.1.3	Komplettering av Emåförbundets och SLU:s fasta provpunkter	61
12.1.4	Biotaundersökningar	61
12.2	Åtgärdsalternativ	62
13.0	REFERENSER	63
 TABELLFÖRTECKNING		
Tabell 1: Tidpunkt för genomförda undersökningar		10
Tabell 2: Det totala flödet i Grönskogsområdet, mätt i samband med den månadsvisa ytvattenprovtagningen, samt vid Emåförbundets fasta flödesstation vid Emsfors, maj 2013 - april 2014.....		18
Tabell 3: Kadmiumtillskott från delområden längs med Emån, samt från de olika kvällarna i Grönskogsområdet. Transporterad mängd redovisas i enheten kg/år.		30
Tabell 4: Kadmiumtillskott upp- och nedströms Jungner samt tillskott vid Jungner, med utgångspunkt i halter från föreliggande studie ("Jungnerholmarna projekt END") och Emåförbundets provtagning. Transporterad mängd redovisas i enheten kg/år.		30



Tabell 5: Högsta och lägsta uppmätta halter, samt medelhalter i ofiltrerat vatten vid den månatliga ytvattenprovtagningen, samt i ytligt vatten och bottenvatten vid fokuspunkterna, nedströms Jungnerholmarna, i jämförelse med CCME:s riktvärden för lång- och korttidsexponering.....	33
Tabell 6: Högsta och lägsta uppmätta halter, samt medelhalter i filtrerat vatten vid den månatliga ytvattenprovtagningen, samt i ytligt vatten och bottenvatten vid fokuspunkterna, nedströms Jungnerholmarna, i jämförelse med miljö kvalitetsnormer för årsmedelvärde (AA-MKN) och maximal tillåten koncentration (MAC-MKN).....	34
Tabell 7: Diffusionsriktning för kadmium mellan ytliga sediment och bottenvatten, ↑ visar på uppåtriktad diffusion och ↓ visar på nedåtriktad diffusion.....	36
Tabell 8: Kadmiumspridning från våtmarker omkring Emåns nedre delar, beräknat med max- och medelhalter vid Nerångarna och Kd-värden från Naturvårdsverket och från porvattenpressningar	49

FIGURFÖRTECKNING

Figur 1: Undersökningsområdet, Emån mellan Fliseryd och utloppet i Kalmarsund.....	7
Figur 2: Schematisk bild av Grönskogsområdet med markerade provpunkter.	8
Figur 3: Provtagna lokaler. I ytvattenpunkterna mättes även flöde. Ytvattenprovtagning genomfördes månadsvis under mätåret (maj 2013-april 2014), provtagning i fokuspunkterna genomfördes kvartalsvis (undantaget porvattenpressning vilken genomfördes vid två tillfällen), sedimentprovtagningen genomfördes i oktober 2012 och april 2013.....	9
Figur 4: Flöde vid Emsfors, mars 2013 – maj 2014.	10
Figur 5: Medelflöde i Emsfors, perioden 1955-2013 (SMHI, 2014b).	11
Figur 6: Kadmiumhalter i Emåns ytvatten, vid den inledande ytvattenprovtagningen, september 2012.	12
Figur 7: Kadmiumhalter i Emån, i relation till bakgrundshalt, samt CCME:s ISQG- och PEL-värden (ISQG: 0,6 mg/kg TS, PEL: 3,5 mg/kg TS).....	13
Figur 8: Områden i Emåns nedre delar med lösa sediment och överlagring.	14
Figur 9: Löst kadmium (dvs. kadmiumhalter i filtrerat ytvatten).	15
Figur 10: Partikelbunden kadmium (dvs. kadmiumhalt i ofiltrerat ytvatten – kadmiumhalt i filtrerat ytvatten).	15
Figur 11: Temperatur, pH, syrgashalt, konduktivitet och redoxpotential i Emåns vatten 0,5 m u vy vid de månatliga provtagningarna. Redox har korrigerats för elektrodens egenvärde. Konduktiviteten i november 2013 uppvisade ett avvikande värde på 440 µS/cm.	16
Figur 12: Flöden i kvillarna i Grönskogsområdet, mätta i samband med den månatliga ytvattenprovtagningen maj 2013- april 2014. Flödet vid YV07 är beräknat och negativa flöden i början av mätåret är sannolikt ett resultat av detta och visar inte på verkligt negativt flöde.	17
Figur 13: Totalflöde vid Grönskogsområdet samt månadsmedelflöde och flöde mättdagen vid Emsfors.	18
Figur 14: Fysikalisk-kemiska parametrar i fokuspunkterna.....	20
Figur 15: Löst och partikelbundet kadmium i ytligt vatten (0,5 m u vy).....	21
Figur 16: Löst och partikelbundet kadmium i djupt vatten (0,5 m ö sy).	21
Figur 17: Andel löst kadmium i ytligt och djupt vatten i fokuspunkterna. %Cd(löst) = Cd(filtrerat)/Cd(Ofiltrerat)	22
Figur 18: Kadmiumhalter i sedimentfällorna. Fällan i F03 flöt i ytan i juni och innehöll inget material.....	23
Figur 19: Suspendatbelastning i fokuspunkterna.	24
Figur 20: Kadmiumhalt i suspendat (partikelbundet) och löst. Kadmiumhalten i suspendatet är dividerad med 100 av skaltekniska skäl.....	25



Figur 21: Andel löst kadmium, från suspendatfiltrering i fokuspunkterna. Blått streck visar medelhalt i respektive fokuspunkt.	25
Figur 22: Kadmiumhalter i ytsediment i fokuspunkterna.	26
Figur 23: Kadmiumhalt i den fasta fasen vid porvattenextraktion i fokuspunkterna, oktober 2013 och augusti 2014.	27
Figur 24: Kadmiumhalt i porvattnet vid porvattenextraktion i fokuspunkterna, oktober 2013 och augusti 2014.	27
Figur 25: Total kadmiumtransport i Emån.	29
Figur 26: Kadmiumtransport i Grönskogsområdet, för YV07 är transporten till synes negativ under sommaren, vilket beror på ett beräknat flöde och inte en faktiskt negativ transport.	32
Figur 27: Kadmiumhalter i sedimenten i fokuspunkterna i jämförelse med CCME:s ISQG och PEL-riktvärden och HaV:s föreslagna riktvärde för limniska sediment.	34
Figur 28: Kadmiumhalter i större svenska vattendrag, data från program för miljö kvalitetsövervakning (PMK) 2010. Vattendragen är i grafen arrangerade från norr till söder.	35
Figur 28: Kadmiumtransport inom sedimenten, negativa värden visar på uppåtriktad transport, positiva värden på nedåtriktad transport.	36
Figur 29: Kadmiumhalter i sediment, sedimentfällor och suspendat [mg/kg TS].	38
Figur 30: Kadmium/kiseloxid-kvoter i sediment, sedimentfällor och suspendat.	39
Figur 31: Kadmium/järndioxid-kvoter i sediment, sedimentfällor och suspendat.	40
Figur 32: Kadmium/glödförlust-kvoter i sediment och sedimentfällor.	41
Figur 33: Kadmiumhalter i ofiltrerat och filterat vatten i fokuspunkter (ytligt vatten) och korrelerande ytvattenpunkter.	42
Figur 34: Totalhalter kadmium (heldragna linjer, varav partikelbundet (prickade linjer) och löst (streckade linjer) samt flöde (svarta streckade linjer) i Emån. Flöde är mätt i YV05-YV12.	44
Figur 35: Medelkadmiumhalter i Emån, totalhalt, partikelbundet kadmium och löst kadmium.	45
Figur 36: Sankmark omkring Emån. Omnämnda översvåmningsområden är markerade på figuren.	48
Figur 37: Våtmarker längs Emåns nedre lopp (rödmarkerat), Natura 2000-område med skydd enligt fågeldirektivet (SPA) VISS EU ID SE0330173, samt Naturreservaten Åby och Emsfors-Karlshammar (grönmarkerade) (NV, 2014),	48
Figur 38: Kadmiumhalter i sedimenten i Kärrhultesjön, 1972, 1991 och 2013.	52
Figur 39: Kadmiumhalter i Emsfors och Fliseryd från recipientkontrollen (E7 och E2) samt från föreliggande studie (YV12 och YV3), 1985-2014.	53
Figur 40: Kadmiumhalter i Emsfors och Fliseryd från recipientkontrollen (E7 och E2) samt från föreliggande studie (YV12 och YV3), 2012-2014.	53
Figur 41: Lokaler för historisk provtagning E0-E8, samt månadsvis ytvattenprovtagning i föreliggande studie (med inzoomning på Jungnerholmarna).	54
Figur 42: Medelhalt kadmium från 7-8 provtagningar under år 1991, månadsvisa provtagningar under fyra år 1999-2003 13 provtagningar inom föreliggande studie under mätåret 2013/14 samt recipientkontrollens provtagning i E2 och E7 under mätåret 2013/2014. Halterna år 1999-2003 är hämtade ur en graf och därmed ungefärliga.	55
Figur 43: Kadmiumtransport vid Emsfors 1985-2013, från Naturvårdsverkets program för övervakning av miljökvävet (PMK) (SLU, 2014). Den röda prickerna visar kadmiumtransporten beräknad med utgångspunkt i kadmiumhalter i punkt YV12 mätåret 2013/2014.	56
Figur 44: Total transport ut ur Emån 1991 och 2013/14, fördelat på bakgrundstransport, tillskott vid Fliseryd och tillskott nedströms Fliseryd.	56



Figur 45: Kadmiumläckage vid Emån, med trendlinje för perioden efter sanering av Jungnerholmarna (from 2002).

Trendlinjen är förlängd för att ge en teoretisk bild av hur kadmiumläckaget avtar..... 57

BILAGOR

BILAGA A

Figurer och kartor

BILAGA B

Undersökningsprogram

BILAGA C

Sedimentkartering

BILAGA D

Resultat

BILAGA E

Hydrologisk summering av mätåret. Författare: Ilan Lesham, Emåförbundet

BILAGA F

Geochemistry of cadmium

BILAGA G

Miljö- och hälsoriskbedömning med avseende på kadmium i abborre från Emåns nedre delar

Laboratorieprotokoll i original kan erhållas i digitalt format från miljöenheten vid Länsstyrelsen Kalmar län



1.0 INLEDNING

Länsstyrelsen i Kalmar län (länsstyrelsen) genomför en utredning avseende spridning av kadmium i Emåns vattensystem nedströms Fliseryd. Kadmiumföroreningen har sitt ursprung i den batterifabrik som legat på Jungnerholmarna i Fliseryd. Jungnerholmarna sanerades i början på 2000-talet men kadmiumbelastningen från Emån på Kalmarsund är fortfarande stor. Länsstyrelsen har erhållit statliga bidragsmedel för att klargöra vad orsaken till kadmiumbelastningen till är. En projektgrupp har bildats bestående av representanter från länsstyrelsen, Mönsterås kommun och Emåförbundet. Golder Associates AB (Golder) har fått uppdraget att medverka som expert i projektgruppen för att planera och utvärdera de undersökningar som genomförs. Löpande provtagningsarbeten har utförts av Mönsterås kommun. Golder har ansvarat för sedimentkarteringen.

2.0 SYFTE

Syftet med studien har varit att få kunskap om processerna bakom och omfattningen i tid och rum av föroreningsspridningen av främst kadmium i Emåns åsystem nedströms Fliseryd. Undersökningarnas tyngdpunkt ligger på att kvantifiera läckaget av kadmium från åsystemets olika delsträckor, och identifiera de viktigaste områdena för kadmiumläckage. Vidare är ett annat mål med studien att göra en bedömning av hur länge spridningen kommer att fortgå. Slutligen ska osäkerheter och behov av fortsatta undersökningar beläggas.

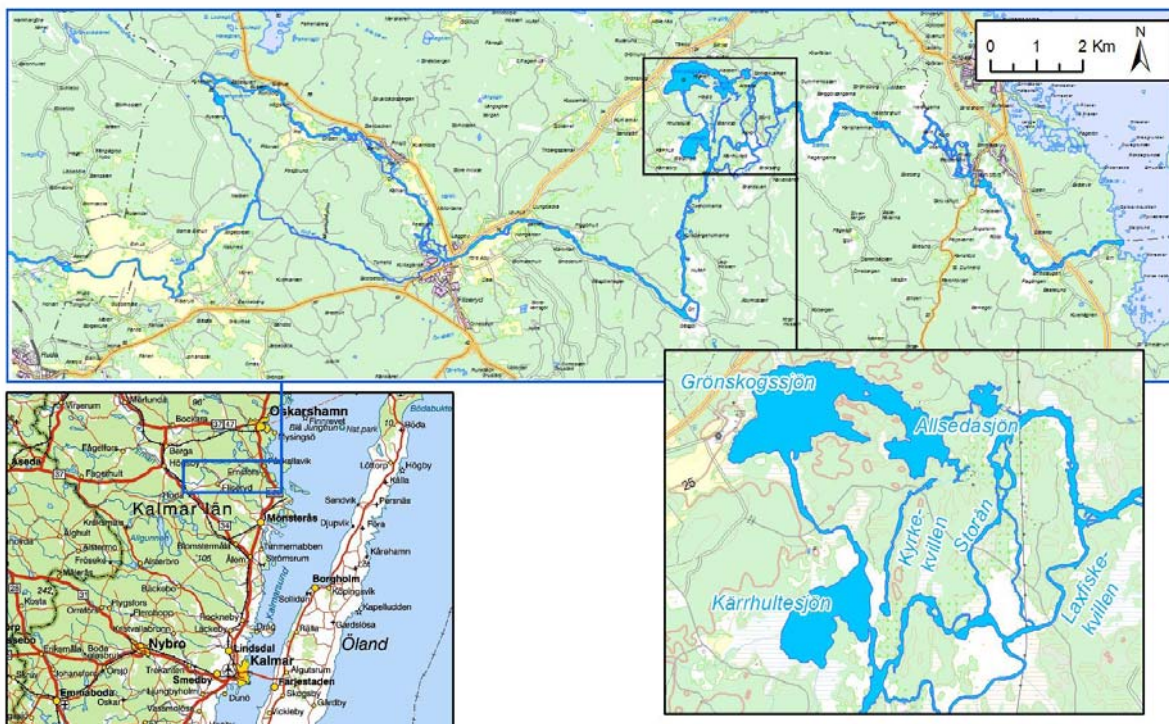
3.0 EMÅN

Emån är östra Smålands största å. Ån har sina källor söder om Nässjö uppe på det småländska höglandet och rinner efter 22 mil ut i Östersjön vid Em i norra delen av Kalmarsund. Den delsträcka som är aktuell i föreliggande studie är sträckan mellan Fliseryd och utloppet i Östersjön, vilken omfattar drygt 3 mil. Ån har ett mycket varierande flöde, delvis beroende på avsaknad av vattenmagasin i de nedre delarna. Normalvariationen för vattenföringen är 3-170 m³/s med en medelvattenföring på 30 m³/s. Vattenhastigheten är generellt hög, med 7 % forsande och 77 % strömmande vatten längs sträckan, men längs 17 % av sträckan är vattnet lugnt. Vattendjupet varierar mellan ca 1 och 8 meter. Sedimentdjupet varierar mellan 2 och 150 cm, där sediment finns. Omkring halvvägs mellan Fliseryd och utloppet finns ett sjösystem, *Grönskogsområdet*, med tre sjöar, *Kärrhultesjön*, *Grönskogssjön* och *Allsedasjön*, samt flera kvillar¹ och förgreningar (Figur 1). Flödesbilden är här komplicerat då flödet fördelas mellan de olika kvillarna på ett tidigare inte utrett sett.

Enligt vattenförvaltningen är den aktuella åsträckan statusklassad till att ej uppnå god kemisk status. Detta på grund av kadmiumföroreningen (Vattenförekomst SE633443-153993 i VISS, 2014).

Hela området är beläget nedanför högsta kustlinjen och präglas av tunna jordtäcken och kala hållområden. Främst består avrinningsområdet av barrskog, men en del åker och betesmark (knappt 20 %) finns också. Nederbörden i området är relativt liten, ca 500 mm/år (Emåförbundet, 1996, SMHI, 2014a).

¹ Kvill är den lokala benämningen på en flodförgrening



Figur 1: Undersökningsområdet, Emån mellan Fliseryd och utloppet i Kalmarsund.

4.0 TIDIGARE UNDERSÖKNINGAR

Emåns nedre delar har varit föremål för flera tidigare undersökningar, varav de flesta varit kopplade till den före detta batterifabriken på Jungnerholmarna och efterbehandlingen av denna. Undersökningar har gjorts av flera medier; vatten (stickprovtagning av filtrerat och ofiltrerat vatten samt passiv provtagning), sediment, fallande suspendat (med sedimentfällor) och biota (växter, evertetrater och fiskar). Huvuddelen av undersökningarna har fokuserat på ofiltrerat ytvatten.

Nedan görs en kort sammanfattning av tidigare undersökningar i systemet. Relevant information från dessa undersökningar används i föreliggande studie.

Vattenprovtagning har genomförts sedan 1970-talet i ett antal fokuspunkter i Emån, benämnda E0-E8, samt i sjöarna Grönskogssjön och Kärnhultesjön med utlopp.

Sedimentprover som tidigare tagits i åsystemet har framförallt varit ytliga, på grund av sedimentens ringa djup i flertalet punkter. I sjöarna däremot har djupkartering av sedimenten genomförts i enstaka provpunkter vid flera tillfällen (70-tal, 80-tal, 90-tal och 2000-tal). Sedimenten i Grönskogssjöns djuphåla provtas vart sjätte år av Emåförbundet. Djuphålan undersöktes också genom åldersdatering och porvattenextraktion i början av 2000-talet. En bottenkartering av åsträckan har genomförts på 90-talet.

I två punkter i Emån, strax nedströms batterifabriken (E2) och vid Emsfors (E7) provtar Emåförbundet månadsvis ytvatten för analys av metaller och fysikalisk-kemiska parametrar. I ytterligare tre punkter (Grönskogssjön, en uppströmspunkt (E0) och vid Smederum (E4a)) provtar förbundet fysikalisk-kemiska parametrar sex gånger per år och/eller bottenfauna en gång per år.

Förbundet har en fast flödesmätare installerad vid Emsfors.



5.0 UTFÖRDA UNDERSÖKNINGAR

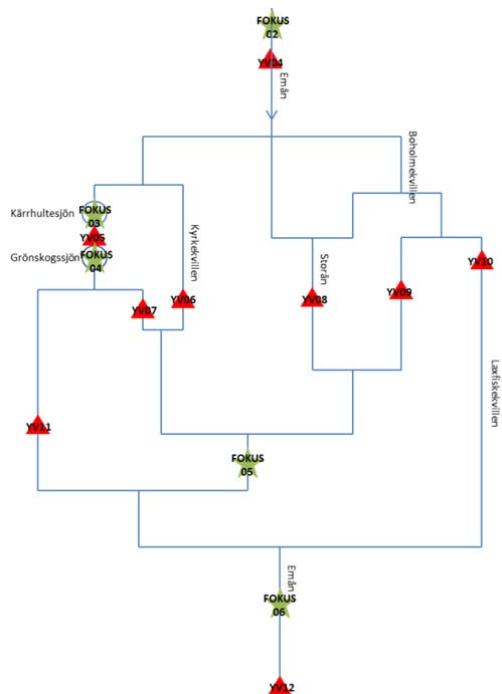
I föreliggande studie har Emåns vatten och sediment undersökts. Studien inleddes med en **ytvattenprovtagning** i sju punkter. Därefter genomfördes en **sedimentkartering** där sedimentförekomst undersöktes längs stora delar av åsträckan och sedimentprov togs i 20 punkter. Samtidigt undersöktes föroreningsinnehållet i **jord i strandbrinkarna** på Jungnerholmarna. Med utgångspunkt från de inledande studierna utformades ett provtagningsprogram. Programmet omfattade månadsvis provtagning av **ytvatten** i 13 lokaler under ett års tid. Filtrerade och ofiltrerade stickprover analyserades för metallinnehåll och fysikalisk-kemiska parametrar mättes direkt i fält. Dessutom mättes **flödet** i sex lokaler i kvillarna i Grönskogsområdet. I sex fokuspunkter togs prover en gång per kvartal under ett års tid. I dessa provtogs **yt- och bottenvatten**, vilket analyserades för metaller (filtrerat och ofiltrerat vatten) och fysikalisk-kemiska parametrar i fält. **Suspendat** undersöktes med hjälp av sedimentfällor (fallande suspendat) och suspendatprovtagning ("svävande" suspendat). Slutligen undersöktes **sedimenten** genom kvartalsvisa metallanalyser av ytliga sediment och porvattenpressning vid två tillfällen. Ett schema över provtagningsfrekvensen redovisas i Tabell 1.

Samtliga kemiska analyser har utförts av ALS Analytical Group.

Hösten 2014 analyserades muskel och lever från abborrar från Grönskogssjön. Undersökningarna var inte del av den ursprungliga provtagningsplanen och resultaten behandlas därför inte föreliggande rapport. En PM avseende riskbedömning av kadmiumhalter i abborre redovisas i BILAGA G.

För mer information om syftet med de olika momenten, analysmetoder och provhantering hänvisas till undersökningsprogrammet, vilket redovisas i BILAGA B.

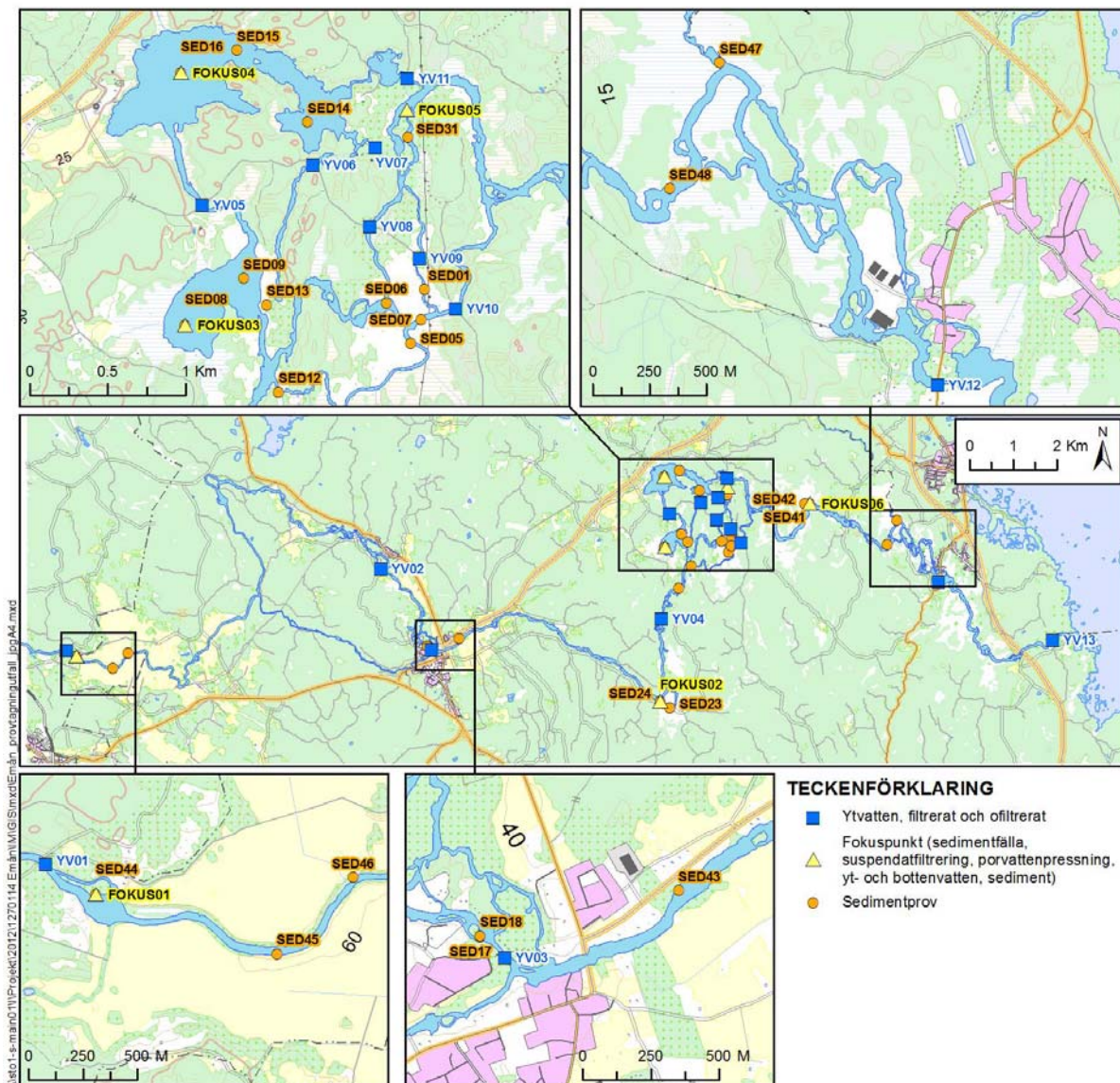
I Figur 3 redovisas lokaler för de utförda undersökningarna. Figuren redovisas i A3-format i BILAGA A. I Figur 2 redovisas en schematisk bild av vattenflödet i Grönskogsområdet, med provpunkterna markerade.



Figur 2: Schematisk bild av Grönskogsområdet med markerade provpunkter.



KADMIUMBELASTNING I EMÅNS NEDRE DELAR



Figur 3: Provtagna lokaler. I ytvattenpunkterna mättes även flöde. Ytvattenprovtagning genomfördes månadsvis under mätåret (maj 2013-april 2014), provtagning i fokuspunkterna genomfördes kvartalsvis (undantaget porvattenpressning vilken genomfördes vid två tillfällen), sedimentprovtagningen genomfördes i oktober 2012 och april 2013.



Tabell 1: Tidpunkt för genomförda undersökningar

	2012				2013								2014							
	höst				vinter				vår				sommar				höst			
	sep	okt	nov	dec	jan	feb	mar	apr	maj	jun	jul	aug	sep	okt	nov	dec	jan	feb	mar	apr
Platsbesök																				
Sedimentkartering																				
Ytvatten, flöde, fyskem																				
Sedimentfällor										ut					töm	töm ¹		ut		töm
Suspendatfiltrering																				
Yt- och bottenvatten																				
Sediment i fokuspkt																				
Porvattenpressning																				

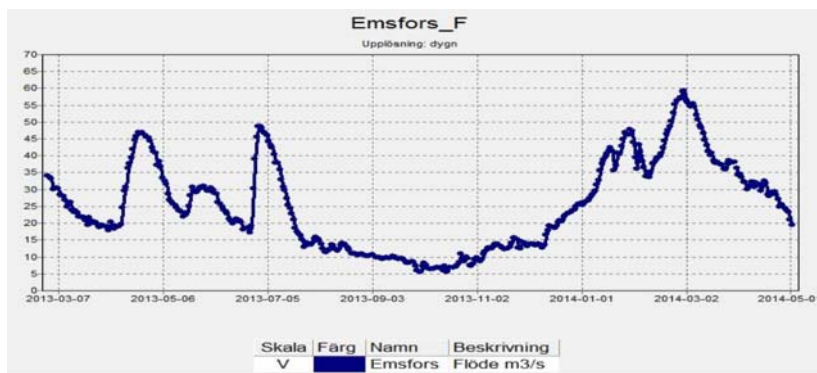
¹ Sedimentfällorna togs in över vintern för att undvika förluster

6.0 DET HYDROLOGISKA MÅTÅRET

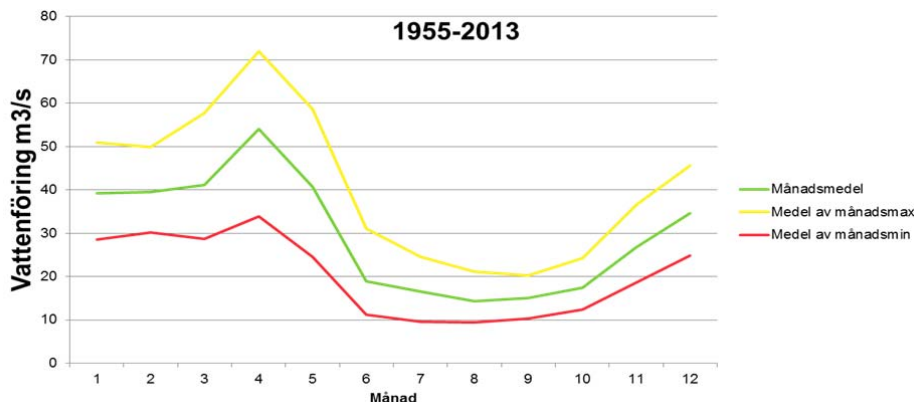
I BILAGA E redovisas en hydrologisk summering av mätåret sammanställd av Emåförbundet.

Nederbördsmängderna under året var nära snittet för området med undantag för slutet av juni och början av juli 2013 då ett kraftigt regnområde rörde sig över avrinningsområdet. Detta gav effekter på flödet i Emån, med en kraftig ökning av flödet i början av juli (knappt 50 m³/s). Under resten av sommaren och början av hösten 2013 var flödena i Emån under de normala för att i oktober 2013 ligga på en extremt låg nivå (ca 5 m³/s) (Figur 4). Vintern som följde var ovanligt mild vilket resulterade i ett högre flöde i Emån än normalt. Vårfloden kom redan i mars och kulminerade på 60 m³/s, att jämföra med medelvärdet av vårfloden 1955-2013 på 70 m³/s (Figur 5).

Sammantaget kan sägas att det aktuella mätåret inte var helt representativt för ett "normalår". Flödena under hösten var extremt låga och pga det varma vädret var vinterns flöden ovanligt höga och vårfloden ovanligt liten.



Figur 4: Flöde vid Emsfors, mars 2013 – maj 2014.



Figur 5: Medelflöde i Emsfors, perioden 1955-2013 (SMHI, 2014b).

7.0 KADMIUMS GEOKEMI

Kadmium är en övergångsmetall i samma grupp som zink och kvicksilver. Kemiskt liknar den zink. Vid oxiderade förhållanden och $\text{pH} < 7$ föreligger kadmium som den mobila Cd^{2+} -jonen. Vid $\text{pH} > 7$ ökar affiniteten till järn-, mangan- och aluminium(hydr)oxider, lermineral och organiskt material (inklusive löst organiskt material). Affiniteten till löst organiskt material gör att transport, mobilitet och retention i vattensystem till stor del påverkas av mängden suspenderat material. Bakgrundshalten av kadmium i svenska åar är 0,002-0,003 $\mu\text{g/l}$ i vatten och 0,3 mg/kg TS i sediment.

I BILAGA F redovisas mer utförlig information om kadmiums geokemi.

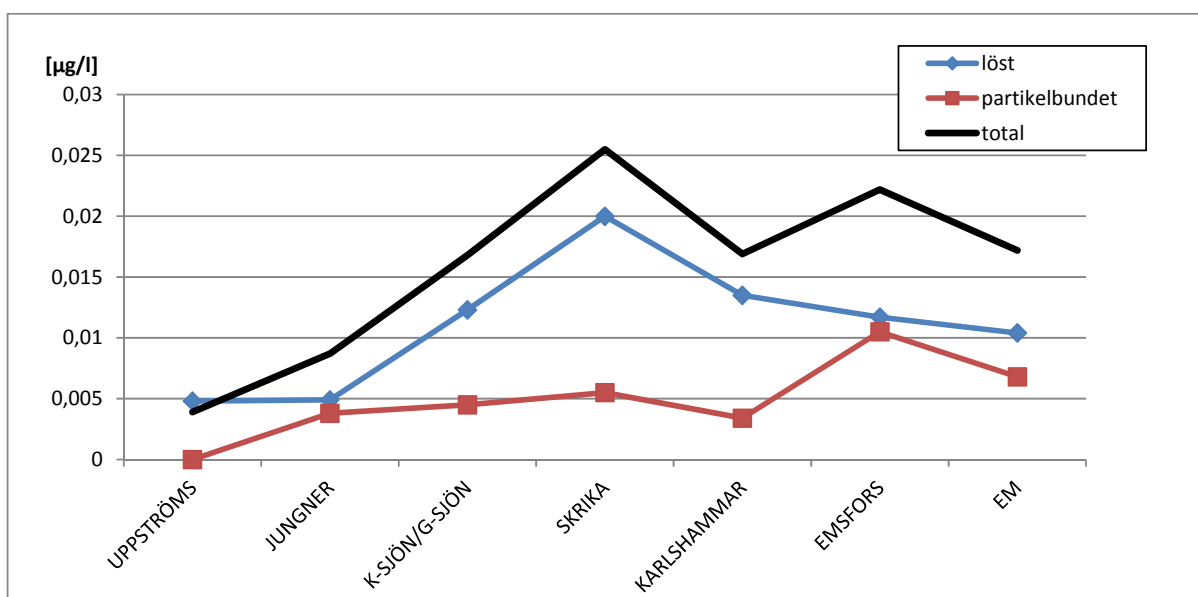


8.0 RESULTAT

I nedanstående stycken sammanfattas resultaten från de olika undersökningsmomenten. I BILAGA D redovisas fullständiga resultat.

8.1 Inledande ytvattenprovtagning

Den inledande ytvattenprovtagningen som genomfördes i september 2012 visade att kadmium till största delen förelåg i löst form i Emåns vatten. Halterna steg något nedströms Jungnerholmarna (ökningen bestod av partikelbundet kadmium), men haltökning skedde framförallt mellan Kärrhultesjön och Grönskogssjön och nedströms sjösystemet. I princip hela haltökningen bestod där av löst kadmium. Nedströms Skrika sjönk halterna återigen. Vid Emsfors ökade halten partikelbundet kadmium (Figur 6).

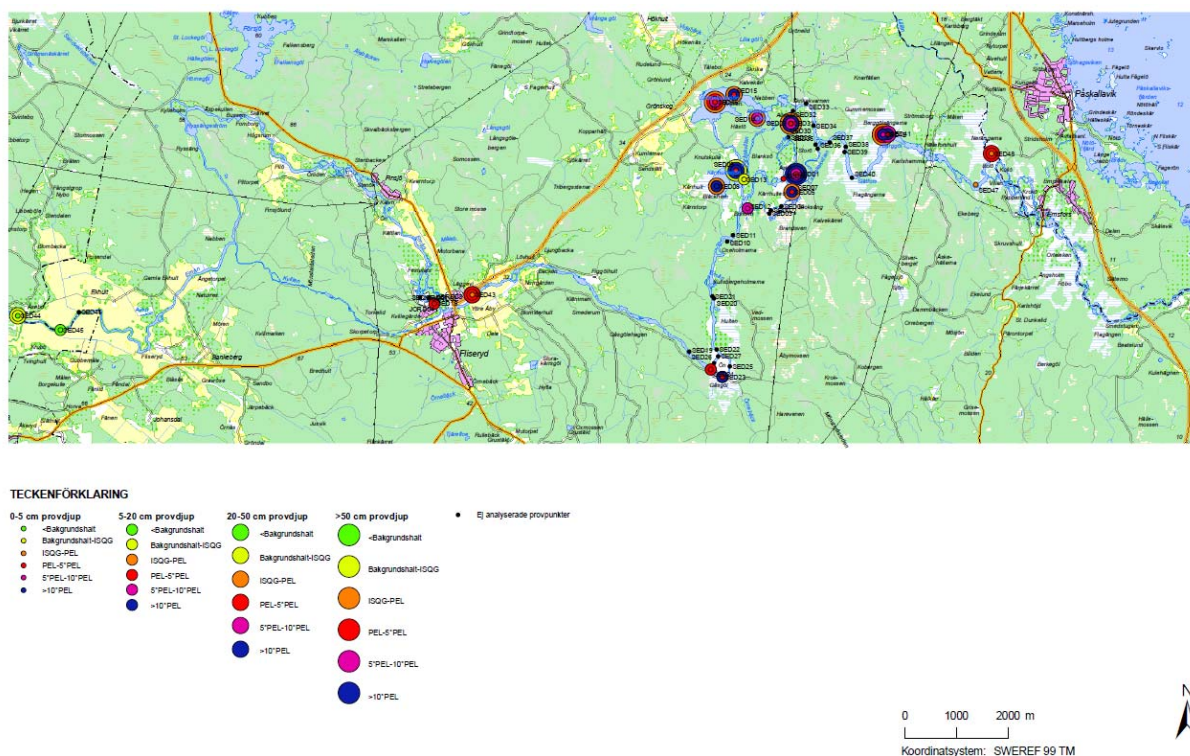


Figur 6: Kadmiumhalter i Emåns ytvatten, vid den inledande ytvattenprovtagningen, september 2012.



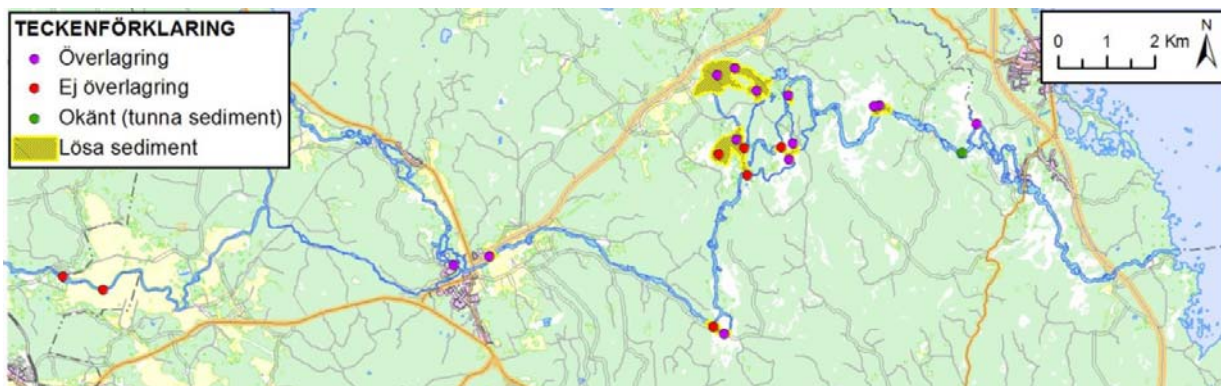
8.2 Sedimentkartering

Sedimentkarteringen visade att Emåns botten till stor del är renspolad från lösa sediment och betydande sedimentationsbassänger finns framförallt i Grönskogsområdet (Figur 8). Sediment med höga kadmiumhalter ($>5 \times \text{PEL}^2$) påvisades i hela systemet, från Jungnerholmarna ned till Nerångarna. Högst halter påvisades i djupa sediment i kvillarna vid Grönskogs fiskeområden (Figur 7). Överlagring av sedimenten har skett i delar av Grönskogsområdet (Grönskogssjön och vissa av kvillarna), samt nedströms (Figur 8). Överlagring har också skett vid Jungnerholmarna. Höga kadmiumhalter i ytliga sediment påträffades framförallt i Kärrhultesjön, Grönskogssjön, kvillarna vid Grönskogs fiskeområde samt i Berggöl.



Figur 7: Kadmiumhalter i Emån, i relation till bakgrundshalt, samt CCME:S ISQG- och PEL-värden (ISQG: 0,6 mg/kg TS, PEL: 3,5 mg/kg TS)

² PEL: Probable Effect Level, Kanadensiskt riktvärde för sediment i sötvatten, för mer information se kapitel 10.1



Figur 8: Områden i Emåns nedre delar med lösa sediment och överlagring.

Mer information om sedimentkarteringen och samtliga resultat redovisas i BILAGA C.

8.3 Jord vid Jungnerholmarna

Kadmiumhalterna i jorden vid strandbrinkarna på Jungnerholmarna uppgick till mellan 0,7 och 8,0 mg/kg TS. Det innebär att de översteg Naturvårdsverkets generella riktvärde för känslig markanvändning (KM, 0,5 mg/kg TS) men inte riktvärdet för mindre känslig markanvändning (MKM, 15 mg/kg TS). Av övriga ämnen översteg blyhalten KM i fyra av sex prov och bariumphalten översteg MKM i samtliga prov. Vid saneringen av Jungnerholmarna sattes platsspecifika riktvärden till 36 mg Cd/kg som hälsoriskbaserat riktvärde och 100 mg Cd/kg som riktvärde för miljöskydd i Emån (Mönsterås kommun, 2004). Dessa riktvärden överskreds inte i något av proven. Inte heller överskreds de platsspecifika riktvärdena för nickel och bly.

Mer information finns i BILAGA C.

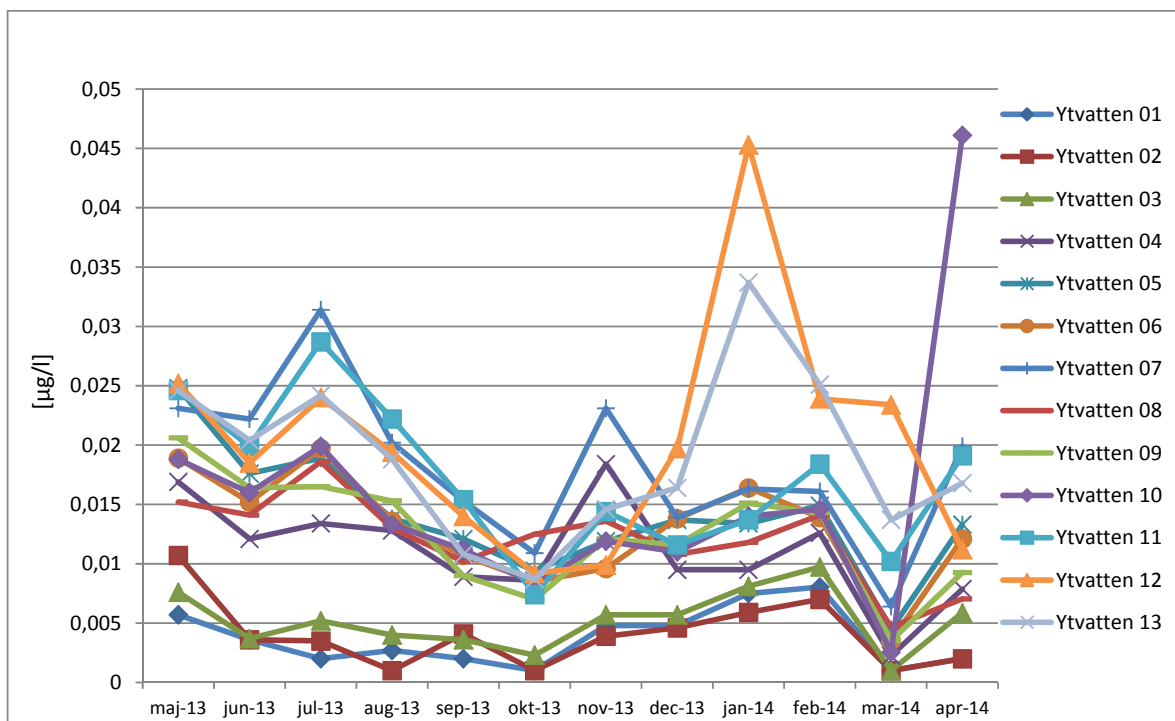
8.4 Ytvattenprovtagning

8.4.1 Kadmiumhalter

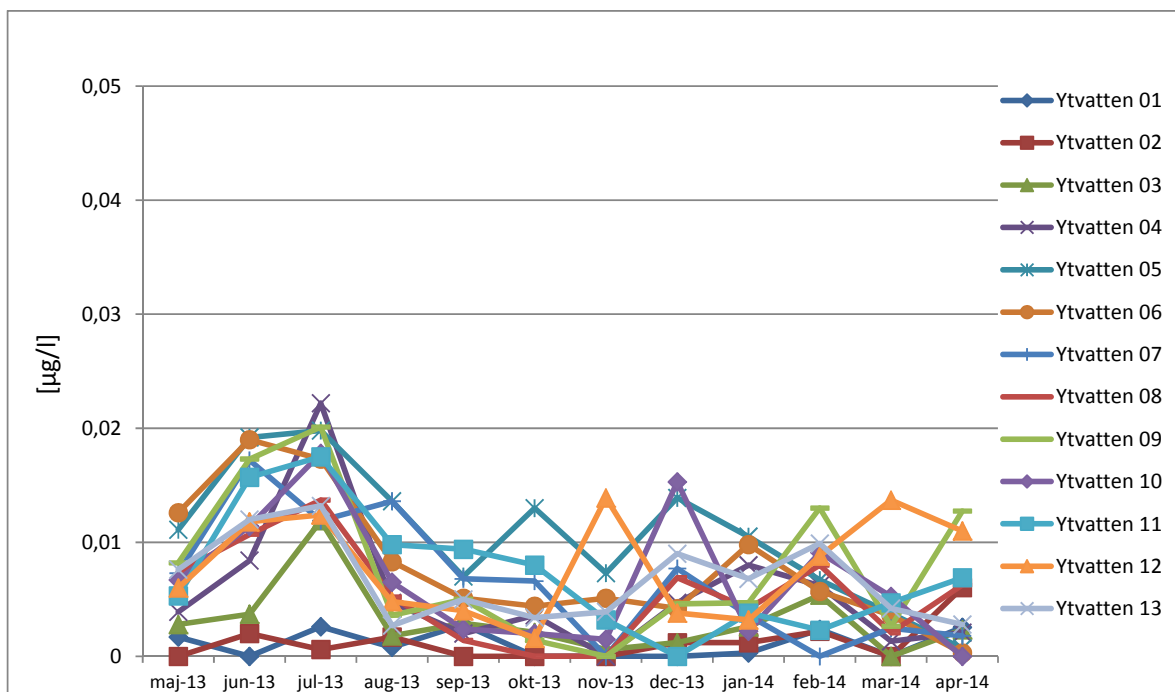
Varje månad under perioden maj 2013 till april 2014 togs filtrerade och ofiltrerade prover 0,5 meter under vattenytan i 13 punkter i Emån. I Figur 7 redovisas kadmiumhalten i filtrerat vatten, vilket representerar den lösta fasen, och i Figur 8 redovisas partikelbundet kadmium ($\text{Cd}(\text{ofiltrerat}) - \text{Cd}(\text{filtrerat})$). Som framgår av figurerna föreligger den största andelen kadmium i löst form. Under sommarens höga flöden syns en topp med både löst och partikelbundet kadmium i samtliga provpunkter nedströms Fliseryd. Under vintern syns en markant topp för den lösta kadmiumhalten längst nedströms i systemet (YV12 och YV13). I YV05, YV07 och YV11, nedströms sjöarna, är de lösta halterna tydligt högre än uppströms sjöarna och i kvillarna. För den partikelbundna föroreningen syns inte samma tydliga mönster.



KADMIUMBELASTNING I EMÅNS NEDRE DELAR



Figur 9: Löst kadmium (dvs. kadmiumhalter i filtrerat ytvatten).

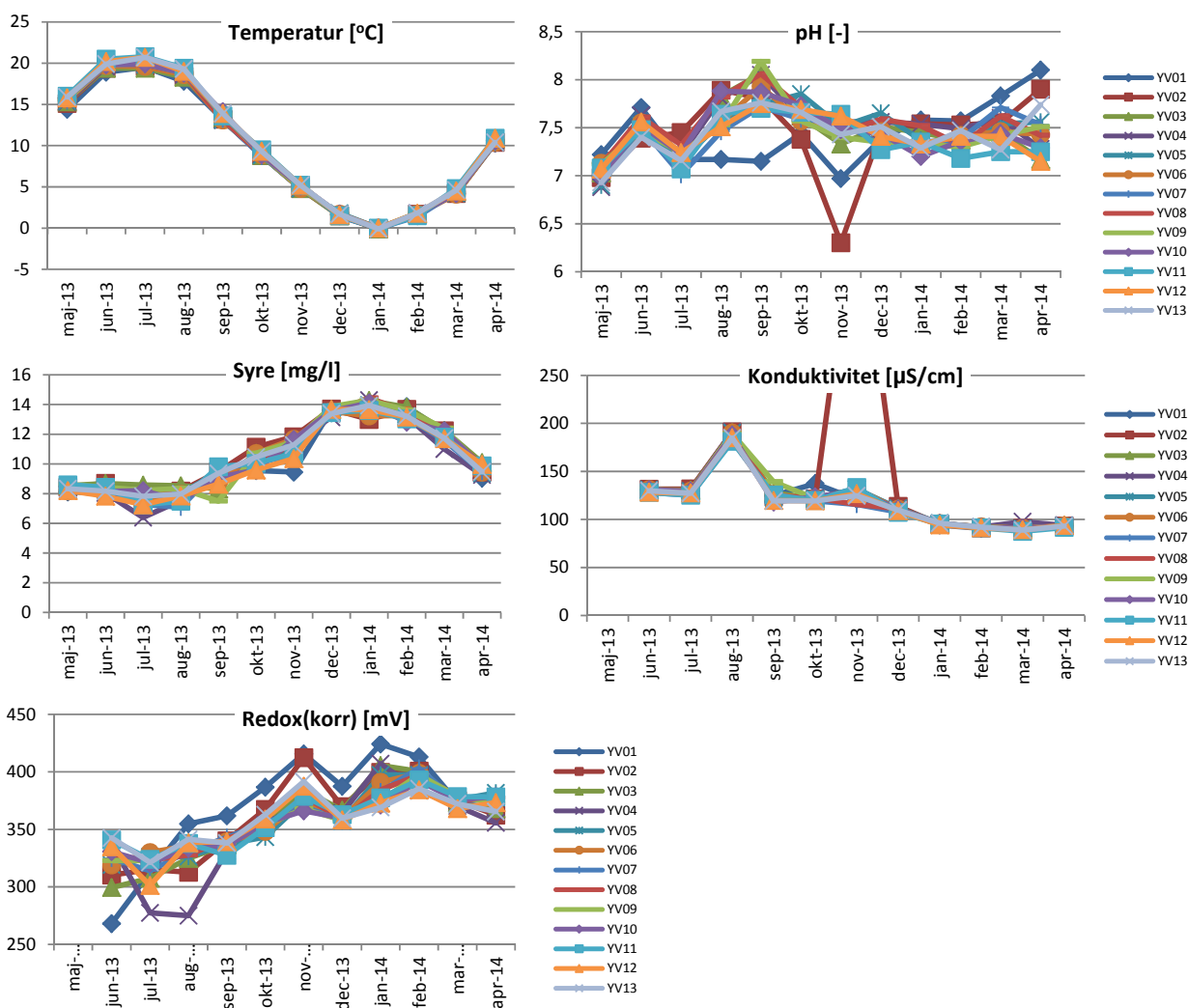


Figur 10: Partikelbunden kadmium (dvs. kadmiumhalt i ofiltrerat ytvatten – kadmiumhalt i filtrerat ytvatten).



8.4.2 Fysikalisk-kemiska parametrar

Vid varje månatlig provtagning mättes temperatur, pH, syrgashalt, konduktivitet och redox³ direkt i vattnet med ett multimeterinstrument (Figur 11). Resultaten visade på små variationer längs åsystemet. Temperaturen var som högst 20°C i juli 2013 och som lägst 0°C i januari 2014. pH var omkring neutralt, med värden mellan 6,3 och 8,2. Lägst pH-värden uppmättes i november 2013 och högst i september 2013. Syrgashalten och redoxpotentialen indikerade ett syresatt vatten med högst värden under vintern (syrgashalter upp mot 14 mg/l⁴ och redox på som högst 420 mV) och lägst värden under sommaren (syrgashalter ned mot 6,4 mg/l och redoxpotential som lägst 270 mV). Konduktiviteten uppvisade högst värden i augusti 2013, nästan 200 µS/cm, i övrigt var värdena generellt lägre (90-130 µS/cm), undantaget en avvikande mätning i november 2013 (440 µS/cm i YV02, dvs uppströms Jungnerholmarna).



Figur 11: Temperatur, pH, syrgashalt, konduktivitet och redoxpotential i Emåns vatten 0,5 m u vy vid de månatliga provtagningarna. Redox har korrigerats för elektrodens egenvärde. Konduktiviteten i november 2013 uppvisade ett avvikande värde på 440 µS/cm.

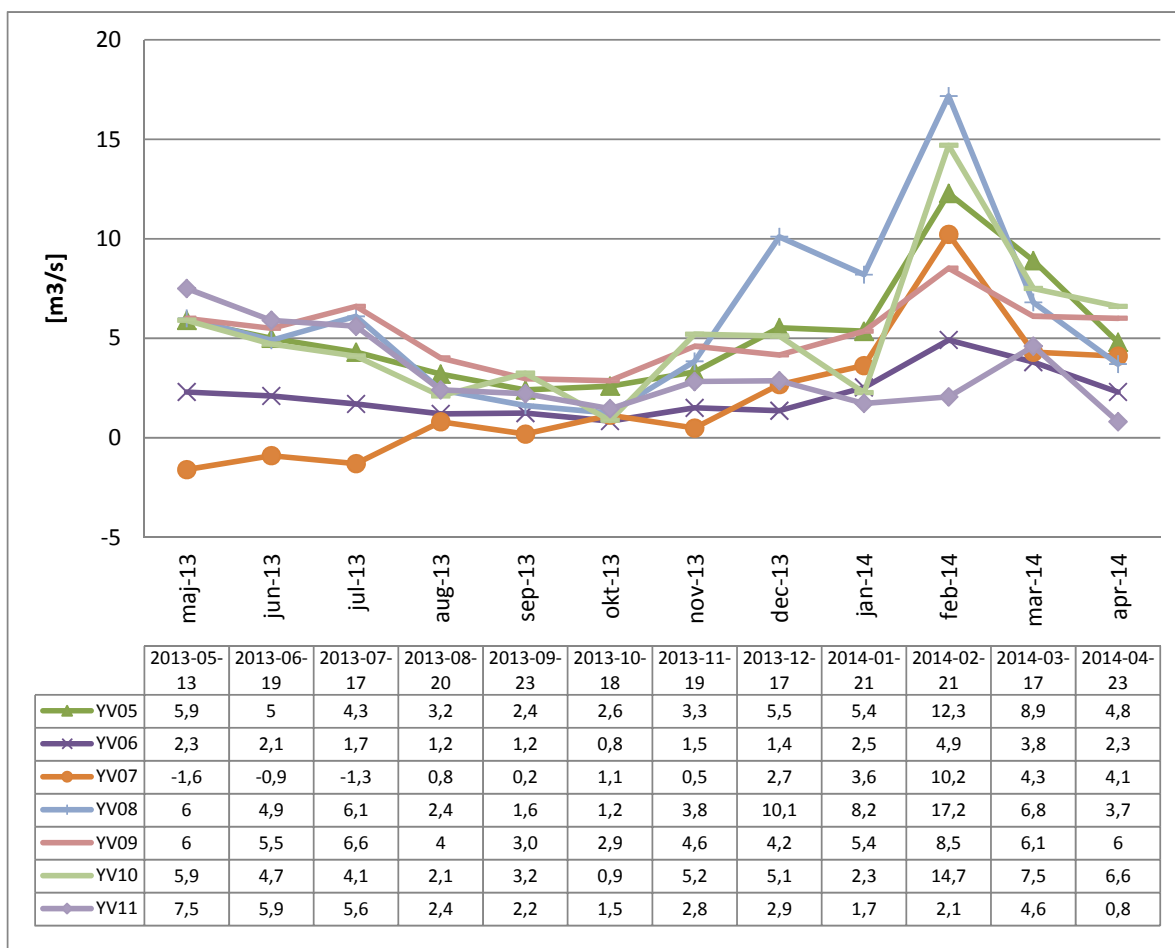
³ Vid den första mätomgången, i maj 2013 användes dock ett reservinstrument som bara kunde mäta temperatur, pH och syrgashalt.

⁴ Normalt kan endast omkring 10 mg syrgas lösas i en liter naturligt vatten. De förhöjda värdena beror sannolikt på kalibreringsfel i instrumentet.



8.4.3 Flöden

Flödesmätningarna i Grönskogsområdet visade att flödet generellt var högst i YV08 (Storån) med ett medelflöde över året på 6,0 m³/s (Figur 12). Lägst var flödet i YV06 (Kyrkekvillen) och YV07 (ett av Grönskogssjöns två utlopp), med medelflöden på 2,0 respektive 2,1 m³/s. I YV07 var det dock inte möjligt att genomföra en flödesmätning eftersom vattnet rinner över ett brett och vindlande område med sten, berg, videsnår och skog, vilket gjort det omöjligt att mäta upp en sektion. Därför är flödet i YV07 beräknat utifrån flöden i YV05 och YV11, se Figur 2). Det totala flödet i Grönskogsområdet varierade över mätåret mellan 8,4 m³/s (i oktober) och 58 m³/s (i februari). Medelflödet över hela mätåret var i Grönskogsområdet 24 m³/s och vid Emsfors 25 m³/s (Tabell 2).



Figur 12: Flöden i kvillarna i Grönskogsområdet, mätta i samband med den månatliga ytvattenprovtagningen maj 2013-april 2014. Flödet vid YV07 är beräknat och negativa flöden i början av mätåret är sannolikt ett resultat av detta och visar inte på verkligt negativt flöde.



KADMIUMBELASTNING I EMÅNS NEDRE DELAR

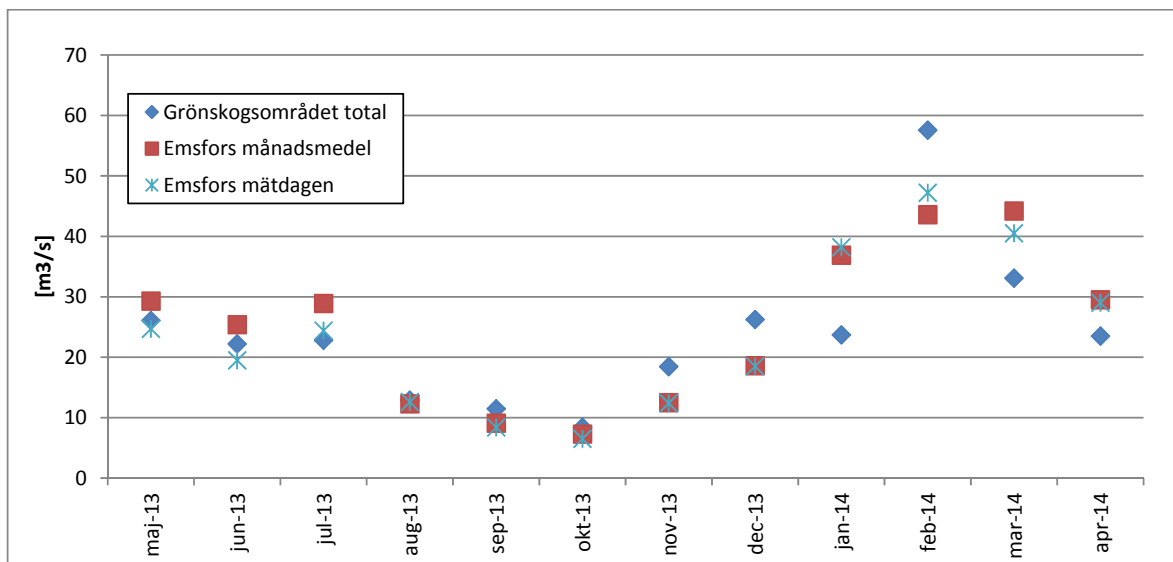
Tabell 2: Det totala flödet i Grönskogsområdet, mätt i samband med den månadsvisa ytvattenprovtagningen, samt vid Emåförbundets fasta flödesstation vid Emsfors, maj 2013 - april 2014

[m3/s]	Grönskog totalflöde ²	Emsfors			
		månads- medel	månads- min	månads- max	mättdagen ³
maj-13	26	29	22	41	25
jun-13	22	25	17	49	20
jul-13	23	29	13	49	24
aug-13	13	12	10	16	13
sep-13	12	9,1	5,6	11	8,4
okt-13	8,4	7,3	5,5	11	6,5
nov-13	18	13	8,6	16	12
dec-13	26	19	6,3	26	19
jan-14	24	37	25	48	38
feb-14	58	44	34	59	47
mar-14	33	44	36	59	41
apr-14	24	30	23	34	29
MEDEL	24	25			

²YV6+YV7+YV8+YV9+YV10+YV11=Total

³Flöde vid Emåförbundets mätstation i Emsfors samma dag som flödesmätningarna i Grönskogsområdet genomfördes.

Det totala flödet vid Grönskogsområdet bör vara något mindre än flödet vid den fasta mätstationen vid Emsfors, eftersom ett litet tillskott av mindre tillflöden och infiltrerat regnvatten från avrinningsområdet tillförs nedströms Grönskogsområdet. Som framgår av Tabell 2 och Figur 13 följer det totala flödet vid Grönskogsområdet flödet vid Emsfors väl, men är i flera fall något högre. Det visar att flödesmätningarna i kvällarna har gett en god bild av flödet, men med en viss överskattning under vinterhalvåret.



Figur 13: Totalflöde vid Grönskogsområdet samt månadsmedelflöde och flöde mättdagen vid Emsfors.



8.5 Fokuspunkter

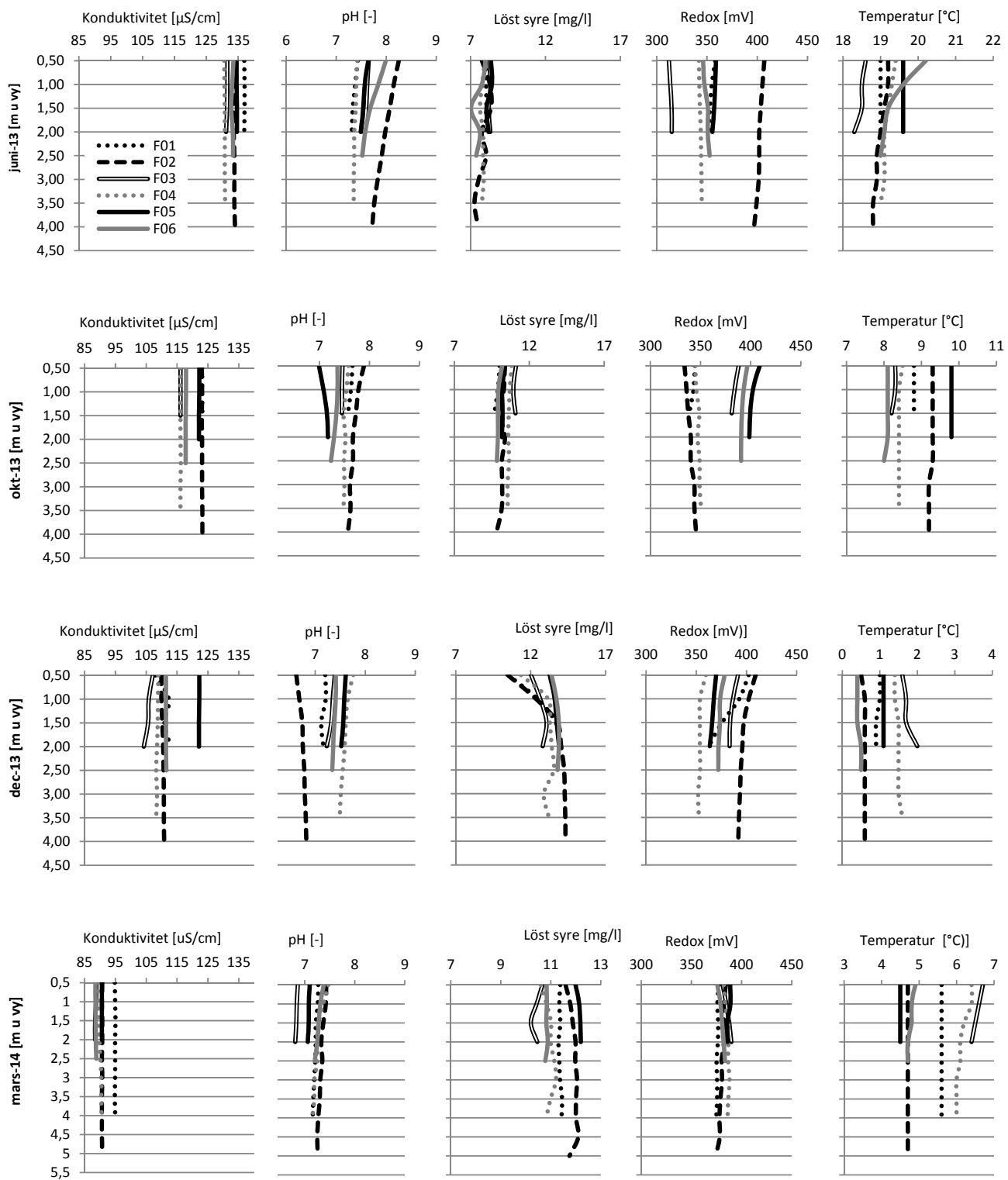
8.5.1 Fysikalisk-kemiska parametrar

Temperatur, pH, syrgashalt, redoxpotential och konduktivitet mättes varje halvmeter genom vattenpelaren fyra gånger under mätåret (juni, oktober och december 2013 samt mars 2014), se Figur 14. Resultaten visar att inget tydligt språngskikt fanns i någon av provpunkterna någon gång under året.

pH i vattensystemet var omkring neutralt med värden mellan 6,6 och 8,2. Syrgashalten och redoxpotentialen indikerade ett syresatt vattensystem, med syrgashalter mellan 7 och 14 mg/l och redoxpotentialer mellan 310 och 410 mV. Konduktiviteten var låg, mellan 100 och 140 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Temperaturen är den parameter som naturligt varierar mest. Under vintern var den 0-2°C och under sommaren 18-19°C. Den varierade dock inte nämnvärt mot djupet, vilket ytterligare bekräftar att vattenmassorna omblandades och inga språngskikt fanns vid mätillfällena.



KADMIUMBELASTNING I EMÅNS NEDRE DELAR

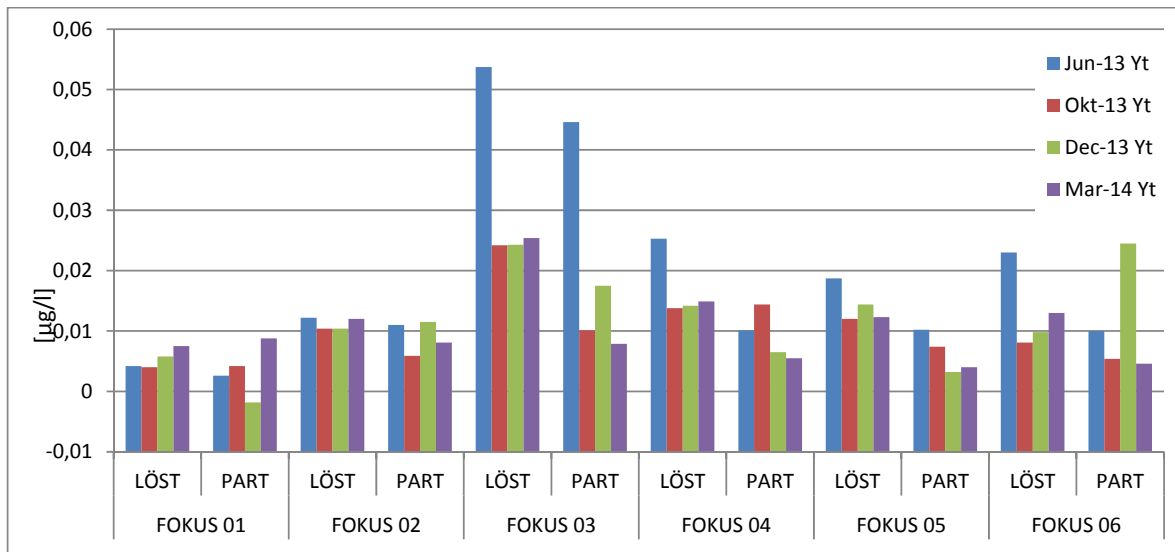


Figur 14: Fysikalisk-kemiska parametrar i fokuspunkterna.

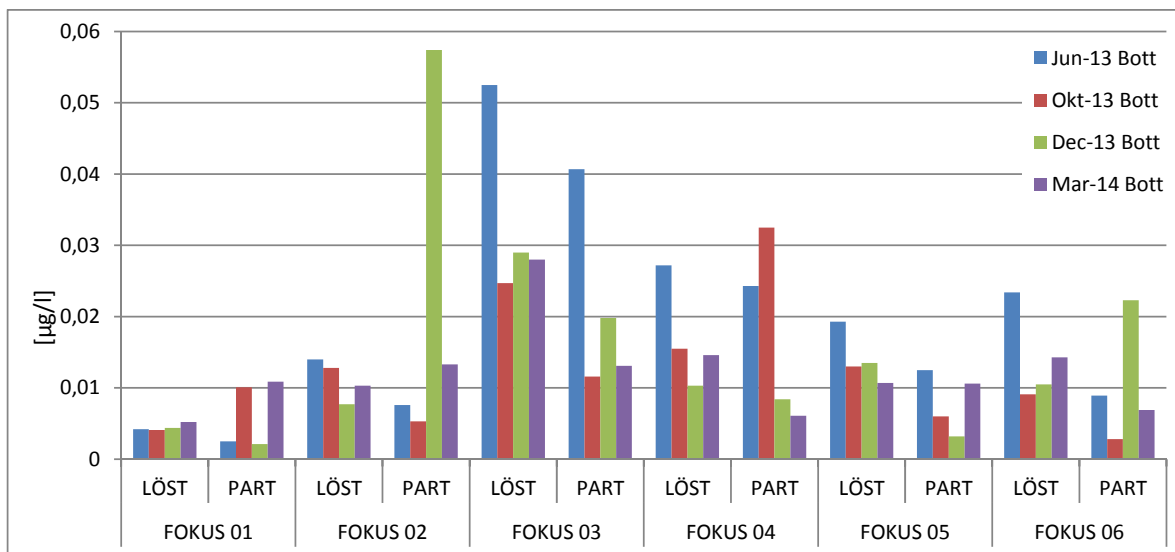


8.5.2 Ytligt och djupt vatten

Vattenprover togs 0,5 meter under vattenytan (m u vy) och 0,5 meter över sedimentytan (m ö sy) fyra gånger under mätåret. Vattnet analyserades både filtrerat och ofiltrerat. Kadmiumhalterna var som högst i F03 (Kärrhultesjön) och vid provtagningstillfället i juni. Halterna i ytligt vatten var generellt något högre än halterna i bottenvatten, med undantag för det partikelbundna kadmiumet vid ett par tillfällen (särskilt F02 i december) se Figur 15 och Figur 16.



Figur 15: Löst och partikelbundet kadmium i ytligt vatten (0,5 m u vy).

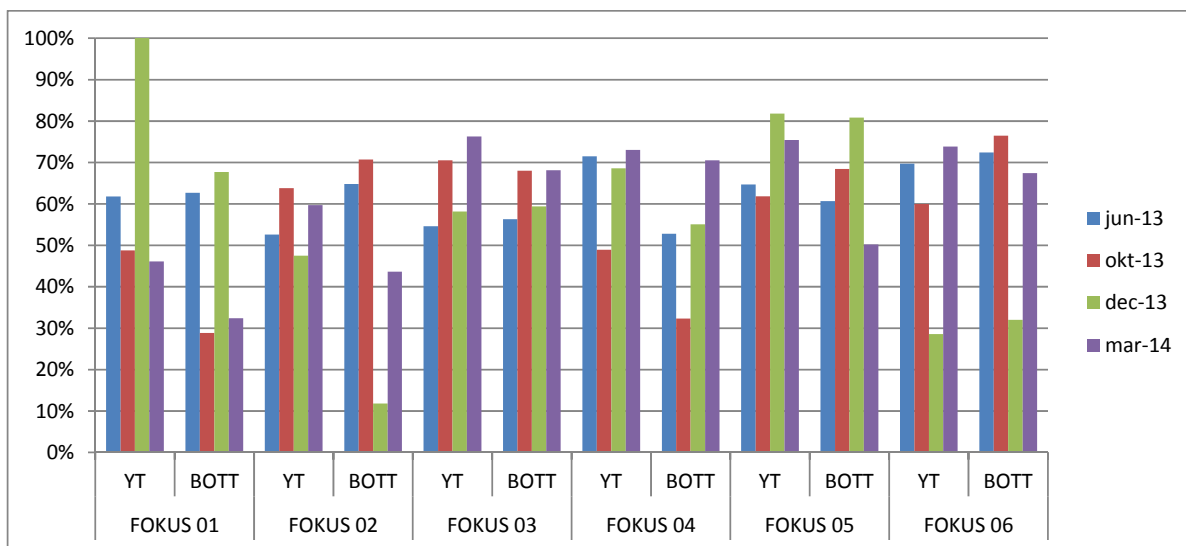


Figur 16: Löst och partikelbundet kadmium i djupt vatten (0,5 m ö sy).

Andelen löst kadmium varierade mellan 12 och 80 % nedströms Fliseryd, med ungefär lika höga halter i yt- och bottenvatten (i medeltal 63 % i ytvattnet och 58 % i bottenvattnet). Andelen löst kadmium var lägst i december (medel 52 %) och högst i mars (medel 66 %), se Figur 17.



KADMIUMBELASTNING I EMÅNS NEDRE DELAR



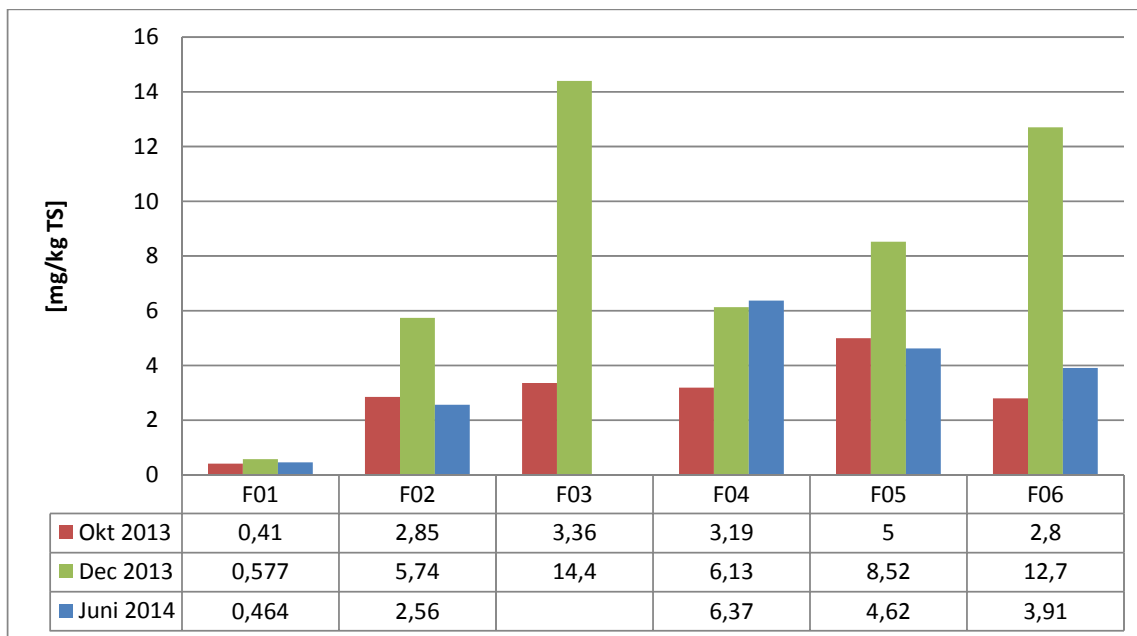
Figur 17: Andel löst kadmium i ytligt och djupt vatten i fokuspunkterna. $\%Cd(löst) = Cd(filtrerat)/Cd(Ofiltrerat)$



8.5.3 Sedimentfällor

Sedimentfällorna i fokuspunkterna tömdes vid tre tillfällen, i oktober och december 2013 samt i juni 2014. Fällorna plockades in över vintern (december 2013-mars 2014) för att undvika att de skulle slitas loss under de normalt höga vinter- och vårflödena.

Kadmiumhalterna i fällorna var högst vid tömningen i december (detta material hade samlats in under perioden oktober-december). I fällan i Kärrhultesjön (F03) var halten drygt 14 mg/kg TS, i övriga fällor nedströms Fliseryd omkring 6-13 mg/kg TS. I oktober (insamlat juni-oktober) var halterna klart lägre, och högst halt uppmättes i Storån (5 mg/kg TS). I juni (insamlat mars-juni) uppmättes den högsta halten i Grönskogssjön (6,4 mg/kg TS). Fällan i Kärrhultesjön hade sannolikt utsatts för yttre påverkan under mars-juni 2013, då den låg och flöt i ytan. Därmed kunde inget material samlas in i juni. I referenspunkten var kadmiumhalten i sedimentfällan 0,4-0,6 mg/kg TS.

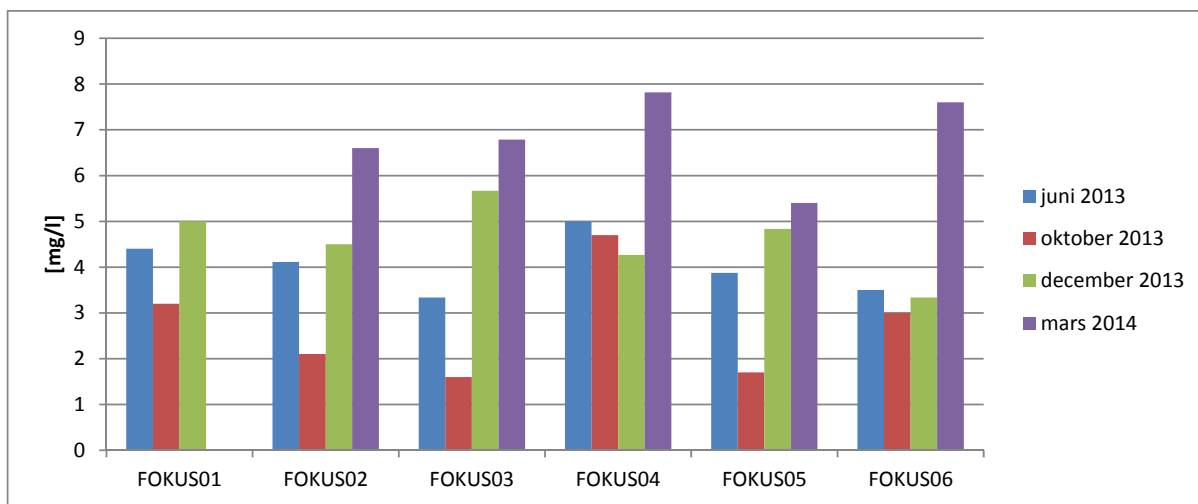


Figur 18: Kadmiumhalter i sedimentfällorna. Fällan i F03 flöt i ytan i juni och innehöll inget material.



8.5.4 Suspendatfiltrering

För att få en mer representativ bild av hur stor andel kadmium som var löst samt möjligheter till bestämning av kadmiumhalter i partiklar genomfördes suspendatfiltrering. I Figur 19 redovisas den totala suspendatbelastningen, dvs. hur många milligram suspendat som fanns per liter vatten, under året i vattensystemet. Belastningen var högst under våren, med suspendathalter på 5,4 till 7,8 mg/l. I oktober var halterna lägst, 1,6 till 4,7 mg/l. I mars 2014 kunde belastningen inte beräknas då information saknades om totalmängd i filtret.

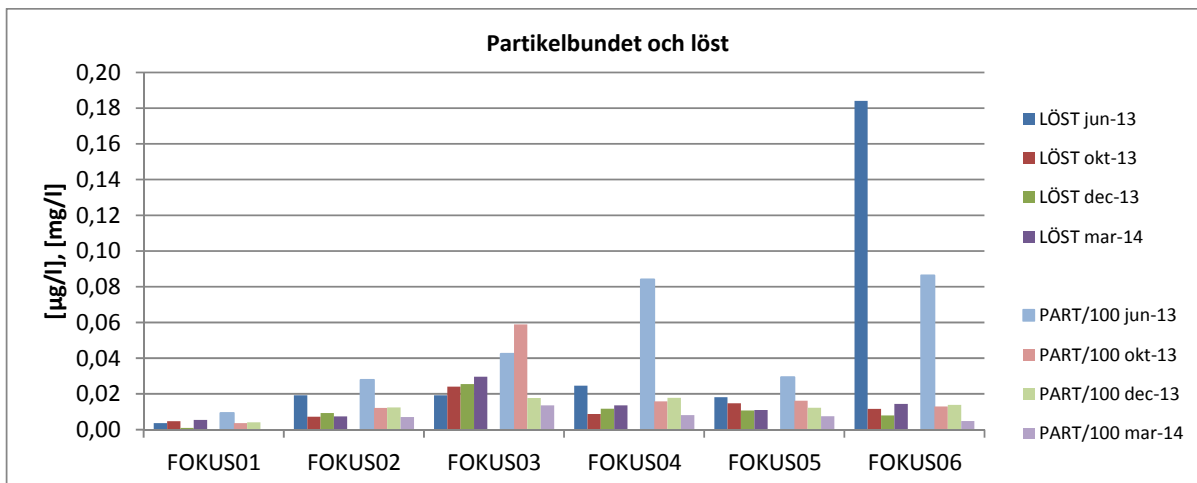


Figur 19: Suspendatbelastning i fokuspunkterna.

Kadmiumhalten i suspendatet steg från <1 mg/kg TS i referenspunkten upp till som mest över 8 mg/kg TS i Grönskogssjön (F04) och Berggöl (F06) vid juniprovtagningen. I juni steg halterna nedströms i systemet hela vägen ned till Berggöl (undantaget i kvillen Storån), medan högsta uppmätta halt övriga säsonger påvisades i Kärrhultesjön (F03). I den lösta fasen steg kadmiumhalten från som mest 0,005 µg/l i referenspunkten till 0,18 µg/l i Berggöl i juni (F06). Juni var generellt den månad som utmärktes med höga halter både i den fasta och den lösta fasen, speciellt i Berggöl men även längre uppströms i systemet. Under resterande året var halterna mer jämförbara i samtliga provpunkter, undantaget Kärrhultesjön (F03) där halterna genomgående var högre.

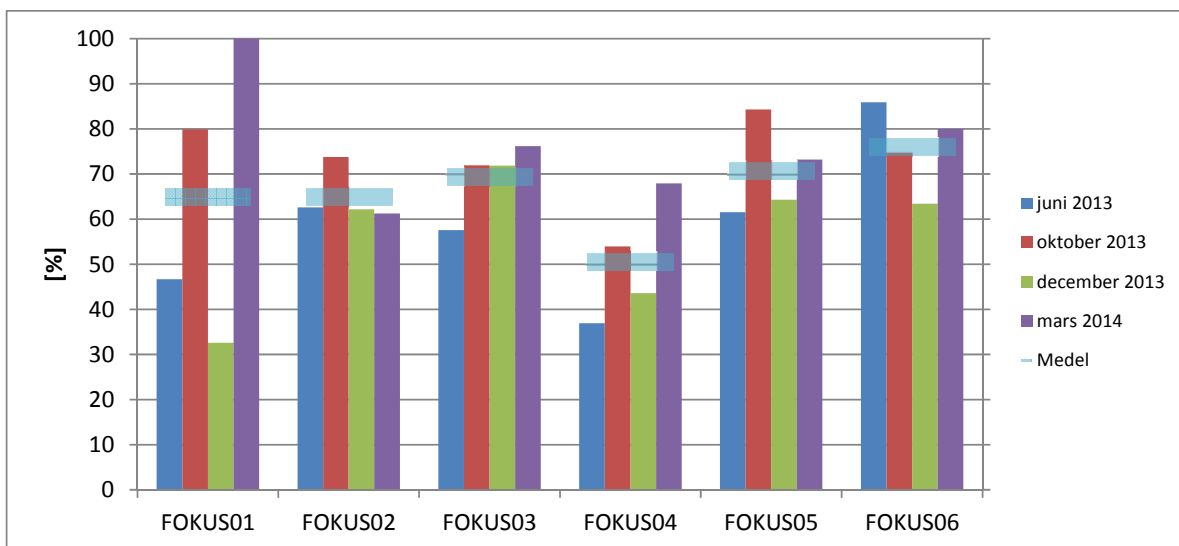


KADMIUMBELASTNING I EMÅNS NEDRE DELAR



Figur 20: Kadmiumhalt i suspenderat (partikelbundet) och löst. Kadmiumhalten i suspenderatet är dividerad med 100 av skaltekniska skäl.

Utifrån suspenderatfiltreringen kan som nämnts ovan andelen löst kadmium beräknas (Figur 21). Nedströms Jugnerholmarna varierade den mellan 36 och 85 %, med lägst andel i december och högst andel i mars. I Fokus 04 (Grönskogssjön) var andelen löst kadmium i medeltal lägst, medan andelen löst var högst i Fokus 06 (Berggöl).

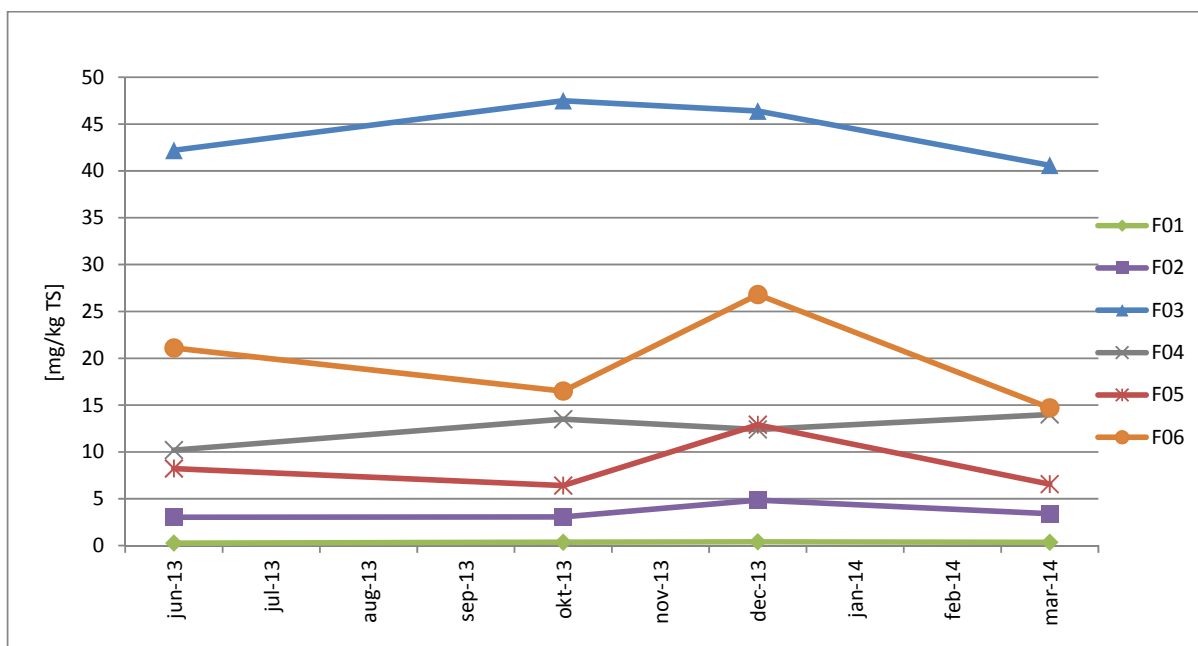


Figur 21: Andel löst kadmium, från suspenderatfiltrering i fokuspunkterna. Blått streck visar medelhalt i respektive fokuspunkt.



8.5.5 Sedimentprover i fokuspunkter

Ytsedimenten (0-2 cm u sy) provtogs i samband med övrig provtagning i fokuspunkterna fyra gånger under mätåret. Kadmiumhalterna var högst i F03 (42-48 mg/kg TS), i övriga prover nedströms Fliseryd 3-27 mg/kg TS och i uppströmspunkten 0-3-0,4 mg/kg TS. Halterna i sjöarna (F03, F04) var i princip konstanta över året men i ån (F01, F02, F05, F06) varierade de något med högst halter i december.



Figur 22: Kadmiumhalter i ytsediment i fokuspunkterna.

8.5.6 Porvattenextraktion

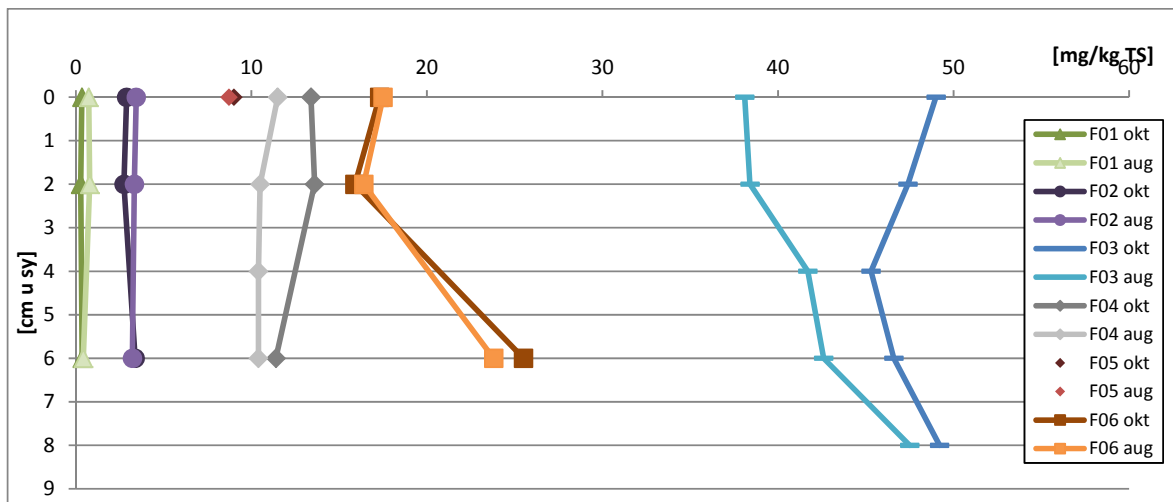
Sedimentprover ur vilka porvatten extraherades, togs i oktober 2013 och augusti 2014. Ingen stagnation fanns i någon av fokuspunkterna utan vattenmassorna i hela vattenpelaren blandades (se kapitel 8.5.1). Kadmiumhalterna analyserades dels i porvattnet, dels i den fasta fas som återstod efter extraktion. I Figur 23 redovisas kadmiumhalterna i den fasta fasen och i Figur 24 redovisas halterna i porvattnet.

I den fasta fasen var halterna generellt jämförbara inom varje fokuspunkt vid båda provtillfällena. Halterna var högst i Kärrhultesjön (F03, 38- 49 mg/kg TS) och lägst i referenspunkten (F01, 0,4- 0,7 mg/kg TS) och vid Gåsgöl (F02, 2,7- 3,3 mg/kg TS). I Kärrhultesjöns ytsediment var halterna omkring 1/5 lägre i augusti än i oktober, men skillnaden minskade mot djupet.

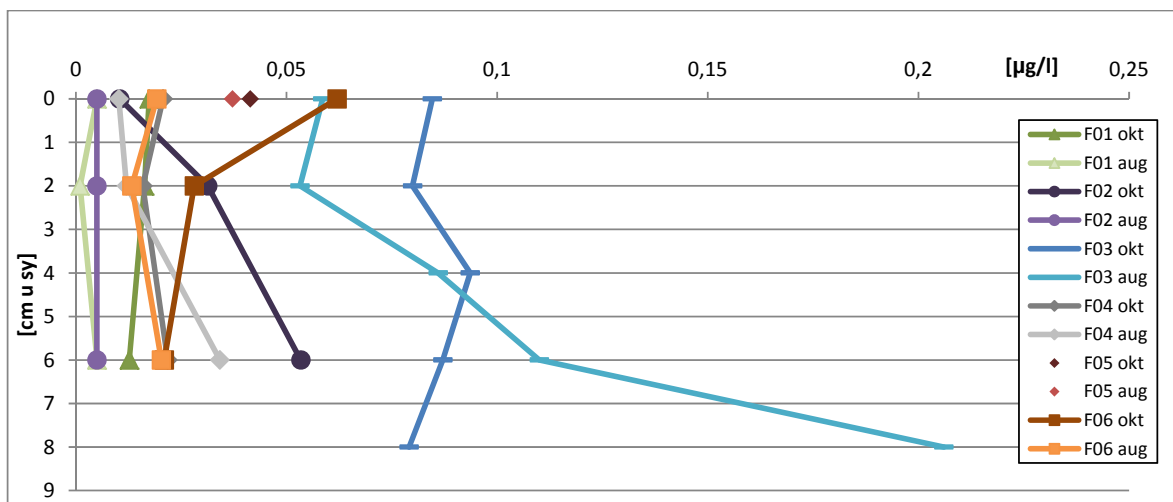
Även i porvattnet var halterna högst i Kärrhultesjön (F03, 0,05-0,2 µg/l). Skillnaden mellan referenspunkten och övriga fokuspunkter var mindre i porvattnet än i den fasta fasen. Halterna i porvattnet var generellt högre i oktober än i augusti. Inget tydligt mönster kan ses över hur halterna i porvattnet varierade mot djupet.



KADMIUMBELASTNING I EMÅNS NEDRE DELAR



Figur 23: Kadmiumpåbud i den fasta fasen vid porvattenextraktion i fokuspunkterna, oktober 2013 och augusti 2014.



Figur 24: Kadmiumpåbud i porvattnet vid porvattenextraktion i fokuspunkterna, oktober 2013 och augusti 2014.

Med utgångspunkt i porvattenextraktionen kan diffusionen i och från sedimenten beräknas. En sådan beräkning har genomförts och redovisas i kapitel 10.3.1.

Mer utförliga resultat redovisas i BILAGA D.

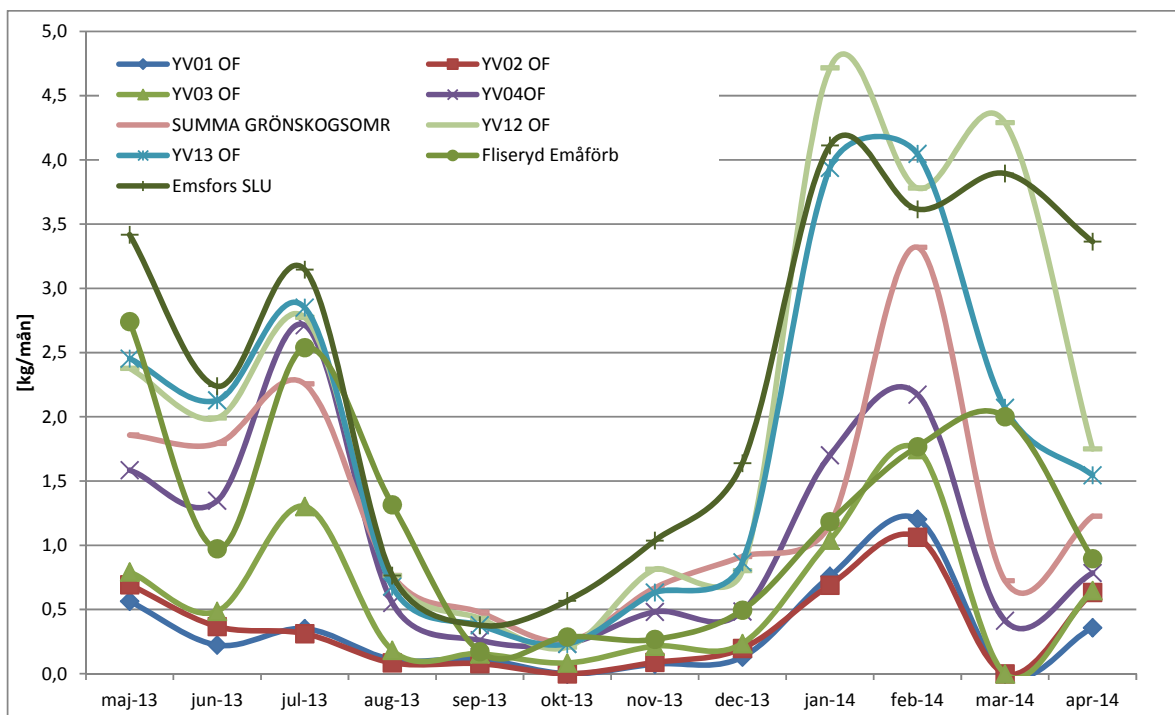


9.0 MASSTRANSPORT

Den totala kadmiumtransporten i Emån har beräknats med utgångspunkt i uppmätta flöden och halter vid de månatliga ytvattenprovtagningarna. I Grönskogsområdet mättes flöden i samband med provtagningen och vid Emsfors (YV12) finns en fast flödesmätare installerad. Uppströms Grönskogsområdet har däremot inga flödesmätningar genomförts. Flödet inom detta område har uppskattats med utgångspunkt i delavrinningsområdenas storlek. Sträckan mellan Fliseryd och Emsfors omfattar ett delavrinningsområde som är 180 km² stort, vilket motsvarar 4 % av Emåns totalt 4500 km² stora avrinningsområde. I beräkningarna används därför 96 % av flödet vid Emsfors som uppskattning av flödet längre uppströms.

Den totala kadmiumtransporten under året redovisas i Figur 25. Transporten är beräknad dels med utgångspunkt i halter från ytvattenprovtagningen i föreliggande studie (YV01-YV13, *Summa Grönskogsområdet*) dels i halter från Emåförbundets provtagning vid Fliseryd (*Fliseryd Emåförb*) och SLU:s provtagning vid Emsfors (*Emsfors SLU*). Uppströms Fliseryd (YV01 och YV02) är transporten förhållandevis liten, med störst transport under vinterhalvåret (omkring 1 kg/mån). Vid Fliseryd (YV03, *Fliseryd Emåförb*) tillförs kadmium under de höga flödena i juli och februari. Med utgångspunkt i föreliggande studie är tillskotten ca 1 kg/mån i juli och 0,5 kg/mån i februari. Med utgångspunkt i Emåförbundets provtagning är tillskottet i juli större, ca 2 kg/mån och tillskott sker även i maj 2013 och mars 2014 (ca 2 kg/mån vid båda tillfällena) (se längre ned i föreliggande stycke för diskussion kring diskrepansen mellan de två). I jämförelse med föreliggande studies provpunkt har ytterligare tillskott skett vid Gåsgöl (YV04), här sker en ökning av kadmiumtransporten främst under sommaren (maj – juli, 0,8-1,4 kg/mån) men även under vintern. Vid Grönskogsområdet förefaller kadmium fastläggas under sommaren (transporten är lägre efter Grönskogsområdet än i YV04). Under vintern däremot kommer ett tillskott från Grönskogsområdet. Vid Emsfors finns ett visst tillskott under sommaren (maj-juli) och ett markant tillskott under vintern (4,5- 3,6 kg/mån under januari respektive mars i YV12). SLU:s provtagning i Emsfors ger liknande resultat som föreliggande studies provtagning. Vid utloppet i Kalmarsund (YV13) är transporten generellt i samma storleksordning som i Emsfors, men de två tydliga topparna i januari och mars har bytts ut mot en topp i januari-februari, med en kraftigt minskad transport i mars.

Kadmiumtransporten ut i Kalmarsund var störst under servintern-våren, januari-april. Kadmiumtransporten följer väl flödet i Emån, se Figur 13. Flödet i Emsfors var högt under perioden januari-mars, precis som transporten. Flödet i Grönskogsområdet uppvisade en topp i februari, vilket stämmer väl med kadmiumtransporten på samma plats vid detta tillfälle.



Figur 25: Total kadmiumtransport i Emån.

I Tabell 3 redovisas hur mycket kadmium som transporteras i Emån uppströms Jungnerholmarna, samt hur mycket som tillkommer vid Jungnerholmarna, mellan Jungner och Grönskog, vid Grönskogsområdet samt på sträckan Grönskog-Emsfors. Tillskottet redovisas dels som kilogram per år, dels som procentuell andel av den totala årliga kadmiumtransporten. I Tabell 4 redovisas transporten upp- och nedströms Jungner samt tillskottet vid Jungner med tillägget att Emåförbundets provpunkt E2⁵ vid Fliseryd också redovisas.

Emåförbundets provpunkt är en del av den samlade recipientkontrollen och provtas månatligen, precis som provpunkterna i föreliggande studie. Provtagningen har dock inte skett vid samma tillfälle som i YV03. Provpunkt YV03 representerar endast det vatten som kommer från västra delen av Jungnerholmarna, medan provpunkt E2 även representerar det vatten som går i Mejerikvillen och Fliserydskvillen/Kvillen (se vidare kapitel 10.5.2).

⁵ Provpunkten kallas EM14 av Emåförbundet, men i föreliggande rapport används det namn som provpunkten historiskt haft.



KADMIUMBELASTNING I EMÅNS NEDRE DELAR

Tabell 3: Kadmiumtillskott från delområden längs med Emån, samt från de olika kvillarna i Grönskogsområdet. Transporterad mängd redovisas i enheten kg/år.

	Provpunkter	In	Ut	Tillskott delområde	Andel av Cd	
Uppströms	YV01		3,7	3,7	17%	*
Uppströms	YV02	3,7	4,0	0,3	1%	*
Jungnerholmarna	YV03	4,0	6,6	2,6	12%	*
Gåsgöl	YV04	6,6	12,2	5,6	26%	*
Grönskogsområdet	YV06-YV11	12,2	15,4	3,2	15%	
Emsfors	YV12	15,4	24,7	9,3	43%	
Utloppet	YV13	24,7	21,8	-2,9	-13%	
Total transport				21,8	100%	
<u>Uppdelat på kvillarna i Grönskogsområdet</u>						
		Andel av flödet				
Kärrhultesjön	YV05	22%	2,7	3,9	1,2	36%
Grönskogssjön	YV07+YV11	22%	3,9	3,6	-0,2	-7%
Kyrkekullen	YV06	9%	1,1	1,4	0,3	10%
Storån	YV08	25%	3,1	3,3	0,2	7%
Kvill X	YV09	22%	2,7	3,6	1,0	30%
Laxfiskekullen	YV10	22%	2,7	3,5	0,8	25%

* Uppskattat flöde: $0,96 \cdot Q[\text{Emsfors}]$

Bakgrundstransporten, dvs. transporten uppströms Jungnerholmarna är 4 kg/år. Vid Jungnerholmarna tillkommer knappt 3 kg/år, vilket innebär 12 % av den totala transporten. Nedströms Jungnerholmarna, omkring Gåsgöl tillkommer ytterligare knappt 6 kg (26 % av den totala transporten). Vid Grönskogsområdet frisätts drygt 3 kg kadmium. Av detta kommer den största delen, 1,2 kg eller nästan 40 % från Kärrhultesjön. Mellan sjöarna och Emsfors tillkommer ytterligare 9 kg kadmium men 3 kg fastläggs igen nedströms Emsfors (främst i mars 2014, se Figur 25) vilket resulterar i att det totala tillskottet nedströms sjöarna är ca 6 kg.

Tabell 4: Kadmiumtillskott upp- och nedströms Jungner samt tillskott vid Jungner, med utgångspunkt i halter från föreliggande studie ("Jungnerholmarna projekt END") och Emåförbundets provtagning. Transporterad mängd redovisas i enheten kg/år.

	Provpunkter	In	Ut	Tillskott delområde	Andel av Cd
Uppströms Jungner	YV01+YV02		4,0	4,0	21%
Jungnerholmarna projekt END	YV03	4,0	6,6	2,6	13%
Jugnerholmarna Emåförbundet	E2	6,6	14,6	8,0	41%
Gåsgöl	YV04-YV13	14,6	12,2	-2,4	-12%
Nedströms Gåsgöl	YV04-YV13	14,6	21,8	7,2	37%
Total transport				19,4	100%



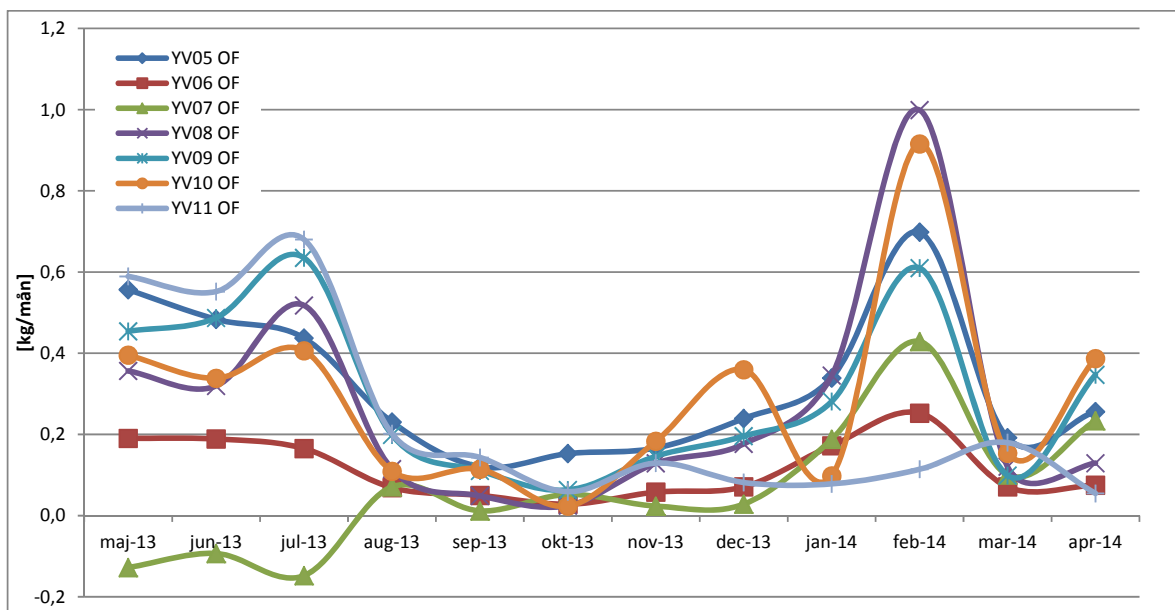
Om Emåförbundets provpunkt E2 tas med i beräkningarna ser transporten omkring Jungnerholmarna annorlunda ut. Tillskottet vid Jungner blir då totalt ca 11 kg (knappt 3 kg i den västra kvillen (YV03) och ytterligare 8 kg vid provpunkt E2). Det innebär att det till synes sker en fastläggning i Gåsgölområdet, av drygt 2 kg kadmium under mätåret. Diskrepansen mellan E2 och YV03 kan som tidigare nämnts delvis förklaras av att E2 är belägen längre nedströms i systemet och därmed representerar inte bara vattnet som passerar YV03 utan även vattnet i Mejerikvillen (öster om Jungnerholmarna) och vattnet i Fliserydskvillen. I Fliserydskvillen finns ingen källa till kadmium och tillskottet genom den torde vara i nivå med tillskottet i Emåns norra fåra uppströms Fliseryd, dvs. några hundra gram/år. De 8 kg/år skulle därmed komma från Mejerikvillen. Det har i denna studie inte utretts hur vattenflödet är fördelat mellan de olika kvillarna vid Jungnerholmarna men den huvudsakliga kadmiumkällan på holmarna var belägen på östra Bruksholmen och skulle därmed sannolikt avvattnas mot väster, dvs. där YV03 är belägen. Andra anledningar till diskrepansen kan vara att mätningarna utförts vid olika tillfällen och eventuellt med olika metodik. Hur haltmätningarna i provpunkt E2 kan jämföras med de mätningar som genomförts i föreliggande studie är en osäkerhet.

Sammantaget kan alltså sägas att kadmium tillförs på sträckan Jungnerholmarna-sjöarna under sommaren och vid Grönskogsområdet och nedströms under vintern. Ut ur Emån transporteras under det aktuella mätåret ca 22 kg kadmium. Den största delen av denna transport sker under vintern (10 kg under januari-mars). Det bör noteras att det finns osäkerheter i beräkningarna och att transportregimen sannolikt varierar avsevärt mellan olika år, mer om detta i senare kapitel. En osäkerhet är hur stort tillskottet är vid Jungnerholmarna.

I Figur 26 redovisas kadmiumtransporten i Grönskogsområdet uppdelad på de olika kvillarna. Under vår och sommar var transporten störst i YV05, YV09 och YV11, dvs. mellan Kärrhultesjön och Grönskogssjön, i Grönskogssjön utlopp via Allsedasjön och i den mellersta kvillen (utan namn, i Tabell 3 kallad Kvill X). Under vintern däremot var transporten störst i YV08 och YV10, dvs. i Laxfiskekvillen och Storån. Således kan det konstateras att det varierade under året vilken av kvillarna i Grönskogsområdet som var den primära källan till kadmiumtransport (se t.ex. YV11 som hade den största kadmiumtransporten under sommaren, men den lägsta under vintern). Ut ur Kärrhultesjön transporteras 3,9 kg Cd/år. Ur Grönskogssjön transporteras mindre, cirka 3,6 kg/år (Tabell 3). Det innebär att cirka 0,2 kg/år (siffrorna är avrundade, därav det skenbara räknefelet) fastläggs i Grönskogssjön. Ur Figur 26 går att utläsa att det är under februari som kadmium fastnar i Grönskogssjön.



KADMIUMBELASTNING I EMÅNS NEDRE DELAR



Figur 26:Kadmiumtransport i Grönskogsområdet, för YV07 är transporten till synes negativ under sommaren, vilket beror på ett beräknat flöde och inte en faktiskt negativ transport.

Totalt transporterades 22 kg kadmium ur Emån ut i Östersjön under mätåret. 16 kg var löst kadmium medan resterande 6 kg var partikelbundet.

Vid Emsfors var transporten enligt föreliggande studie 25 kg. Beräknat med halter från SLU:s flodmynningsövervakning (månatliga provtagningar) var transporten under samma period 28 kg. Skillnaden visar att kadmiumhalten varierar mycket över tid vilket bör tas i beaktande då siffrorna i ovanstående beräkning tolkas.



10.0 MILJÖRISKBEDÖMNING

10.1 Jämförelse med riktvärden

Föroreningshalterna i Emåns vatten och sediment kan jämföras med generella riktvärden, för att bedöma om halterna kan innebära en risk för vatten- och/eller sedimentlevande organismer. För kadmium finns ett antal olika riktvärden som kan användas, vilka redovisas nedan.

Den kanadensiska miljöstyrelsen CCME (Canadian Council of Ministers of the Environment) har utarbetat riktvärden för både salt- och sötvatten. Riktvärdena är utvecklade för att skydda akvatiskt liv. Riktvärdena och faktablad återfinns på rådets hemsida (CCME, 2014). Riktvärdet för korttidsexponering är 1,0 µg Cd/l och riktvärdet för långtidsexponering är 0,09 µg Cd/l. Riktvärdena är framtagna för att gälla ofiltrerade vattenprover.

I Europaparlamentets och rådets direktiv 2008/105/EG anges miljö kvalitetsnormer för ytvatten. För kadmium beror miljö kvalitetsnormen av vattnets hårdhet. Emåns vatten är relativt mjukt (40 mg CaCO₃/l) (Lithner et al, 1994) vilket ger en miljö kvalitetsnorm på 0,08 µg/l som årsmedelvärde (AA-MKN) respektive 0,45 µg/l som maximal tillåten koncentration (MAC-MKN). Miljö kvalitetsnormen gäller för vatten som filtrerats genom 0,45 µm filter.

Högsta uppmätta halt i ofiltrerat vatten i Emån är 0,049 µg/l vid den månatliga ytvattenprovtagningen och 0,098 µg/l i ytligt vatten respektive 0,093 µg/l i botten vatten i fokuspunkterna (båda i F03 juni -13) (Tabell 5). Dessa två extremmätningar överstiger CCME:s långtidsriktvärde. Då förhöjda halter endast har uppmätts vid enstaka tillfällen bedöms inte detta indikera att en risk föreligger. I filtrerat vatten överstiger inga halter riktvärdena (Tabell 6). Det innebär att de använda riktvärdena generellt inte överstigs och risk för vattenlevande organismer med avseende på kadmiumhalten bör kunna uteslutas.

Tabell 5: Högsta och lägsta uppmätta halter, samt medelhalter i ofiltrerat vatten vid den månatliga ytvattenprovtagningen, samt i ytligt vatten och botten vatten vid fokuspunkterna, nedströms Jungnerholmarna, i jämförelse med CCME:s riktvärden för lång- och korttidsexponering.

[µg/l]	MÅNATLIG	FOKUS YT	FOKUS BOTT
MAX	0,049	0,098	0,093
MEDEL	0,020	0,027	0,032
MIN	0,001	0,014	0,012
CCME långtidsriktvärde		0,09	
CCME korttidsriktvärde		1	



KADMIUMBELASTNING I EMÅNS NEDRE DELAR

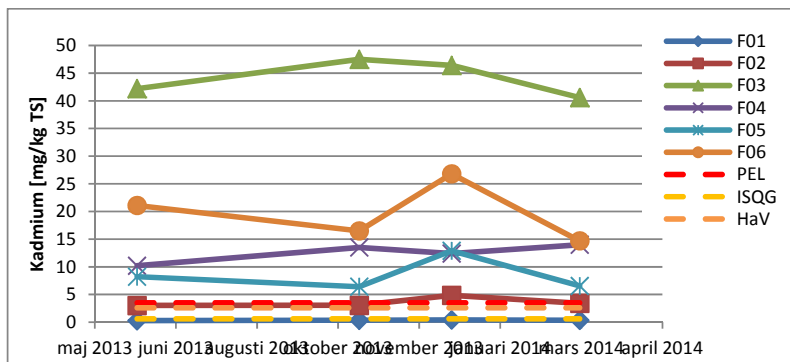
Tabell 6: Högsta och lägsta uppmätta halter, samt medelhalter i filtrerat vatten vid den månatliga ytvattenprovtagningen, samt i ytligt vatten och bottenvatten vid fokuspunkterna, nedströms Jungnerholmarna, i jämförelse med miljökvalitetsnormer för årsmedelvärde (AA-MKN) och maximal tillåten koncentration (MAC-MKN)

[µg/l]	MÅNATLIG	FOKUS YT	FOKUS BOTT
MAX	0,046	0,054	0,053
MEDEL	0,014	0,017	0,017
MIN	0,0010	0,0081	0,0077
AA-MKN		0,08	
MAC-MKN		0,45	

Havs och Vattenmyndigheten har just nu (november 2014) förslag till ändringar i föreskrift HVMFS 2013:19 om klassificering och miljökvalitetsnormer avseende ytvatten ute på remiss. Där anges förslag till nationella gränsvärden för alternativa matriser och gränsvärdet för kadmium i sediment föreslås till 2,3 mg/kg TS. Till det värdet ska naturlig bakgrundshalt adderas. Medelhalten i uppströms belägna F01 används som bakgrundshalt, vilket ger ett summerat värde på $2,3 + 0,3 \text{ mg/kg TS} = 2,6 \text{ mg/kg TS}$.

CCME har tagit fram två olika lågriskvärden för sediment avsedda att skydda akvatiskt liv (CCME, 2014), ISQG (Interim Sediment Quality Guideline) och PEL (Probable Effect Level). ISQG kan ses som en nivå där den känsligaste organismen skyddas medan halter över PEL kan orsaka negativa effekter. För sötvattenssediment är ISQG 0,6 mg/kg TS och PEL 3,5 mg/kg TS.

Halterna i Emåns sediment översteg i flera fall dessa riktvärden. Figur 7 visar kadmiumhalterna i sedimentprover från sedimentkarteringen i förhållande till CCME:s riktvärden. Riktvärdena överstegs i samtliga provpunkter nedströms Jungnerholmarna, undantaget en punkt i Kyrkekvillen. I flera fall var halterna mer än fem gånger så höga som PEL, högst uppmätta halt i sedimenten var 175 mg/kg TS, dvs. 50 gånger CCME:s PEL-riktvärde (i djupa sediment vid Gåsgöl). I referenspunkterna var halterna lägre än riktvärdena. I fokuspunkterna varierade kadmiumhalterna i sedimenten mellan 3,02 och 47,5 mg/kg TS (Figur 27). I referenspunkten var halterna under riktvärdena och i F02, vid Gåsgöl, var halterna vid tre av fyra provtagningstillfällen under riktvärdena. I övriga fall var halterna över riktvärdena, i F03, Kärrhultesjön, 11-13 gånger högre än PEL. Det innebär att risk för sedimentlevande organismer med avseende på kadmium inte kan uteslutas i någon del av vattensystemet nedströms Jungnerholmarna.

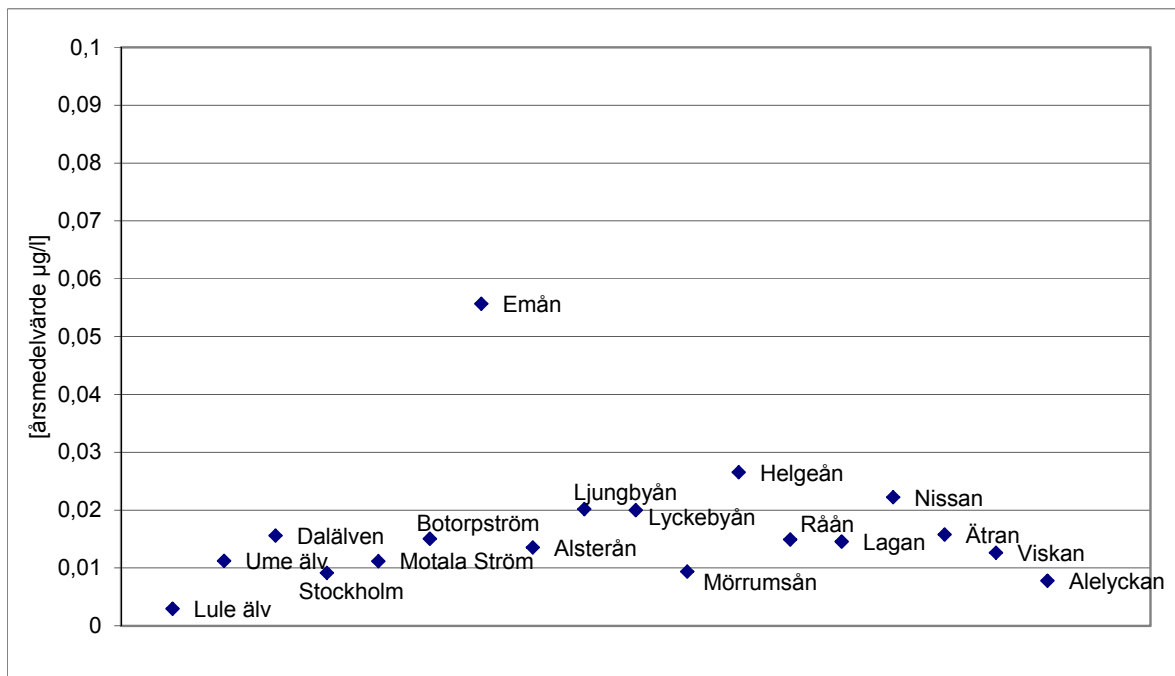


Figur 27: Kadmiumhalter i sedimenten i fokuspunkterna i jämförelse med CCME:s ISQG och PEL-riktvärden och HaV:s föreslagna riktvärde för limniska sediment.



10.2 Jämförelse med andra vattendrag

Kadmiumhalten i Emån kan jämföras med kadmiumhalter i andra större svenska vattendrag. I Figur 28 görs en sådan jämförelse med utgångspunkt i data från det nationella övervakningsprogrammet för miljökvalitet (PMK) från år 2010. Av figuren framgår att årsmedelvärdet av kadmium är klart högre i Emån (0,056 µg/l) än i samtliga andra åar i jämförelsen (medelvärde för samtliga åar är 0,017 µg/l). Samma mönster går att se även andra år.



Figur 28: Kadmiumhalter i större svenska vattendrag, data från program för miljö kvalitetsövervakning (PMK) 2010. Vattendragen är i grafen arrangerade från norr till söder.

10.3 Geokemiska processer

10.3.1 Diffusion

Olika processer i sedimenten (såsom nedbrytning av organiskt material och upplösning av järn- och mangan(hydr)oxider) kan göra att bundet kadmium löses upp och löst kadmium fastläggs. Detta ger upphov till koncentrationsgradienter inom sedimenten som leder till diffusion, dvs. att kadmium rör sig uppåt eller nedåt i sedimenten. Kadmium i ytliga sediment kan diffundera upp i vattenpelaren om den lösta kadmiumkoncentrationen i sedimenten är högre än koncentrationen i bottenvattnet. Detta kan bidra till förorenings spridning.

Diffusionsflöden beräknas utifrån porvattendata med hjälp av Ficks första lag

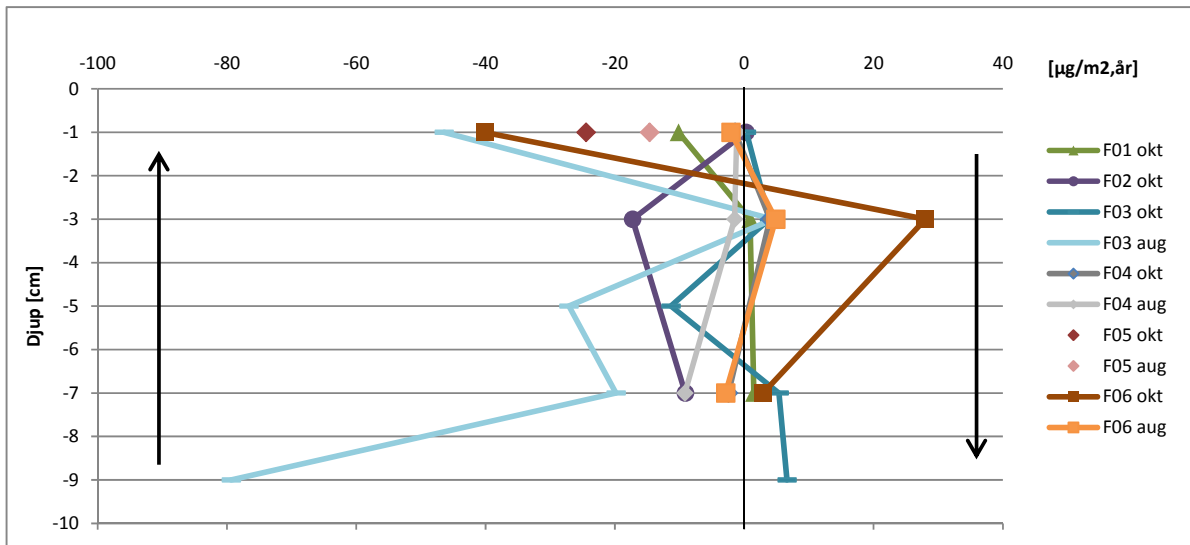
$$J = -\Phi D \frac{\Delta c}{\Delta z}$$

Där J är diffusionsflödet [mg/m², dag], Φ sedimentens porositet (ej analyserad men antas vara 0,9), D den molekylära diffusionskoefficienten [m²/dag] ($7,19 \cdot 10^{-6}$ för kadmium enligt David R Lide, 2005) och $\Delta c/\Delta z$ koncentrationsgradienten som antas vara linjär [mg/m⁴].



KADMIUMBELASTNING I EMÅNS NEDRE DELAR

I Figur 29 redovisas diffusionen för kadmium i fokuspunkterna. Främst är transporten uppåtriktad. I flera fall sker en förskjutning från nedåtriktad transport 2-4 cm u sy till uppåtriktad transport 0-2 cm u sy.



Figur 29: Kadmiumpåtransport inom sedimenten, negativa värden visar på uppåtriktad transport, positiva värden på nedåtriktad transport.

I Tabell 7 redovisas diffusionen mellan sedimentytan och bottenvattnet. Diffusionen var främst uppåtriktad, det vill säga kadmium rörde sig från sedimenten upp i vattenpelaren, men transporten var liten, 1,1- 46 $\mu\text{g}/\text{m}^2$, år.

I oktober diffunderade kadmium från sedimenten upp i den fria vattenmassan vid F01 (referensen), F04 (Grönskogssjön), F05 (Storån) och F06 (Berggöl). Noteras bör att diffusionen i F01, referenspunkten är relativt stor i jämförelse med övriga provplatser. Vid F02 och F03 däremot skedde diffusion från vattnet ned i sedimenten. I augusti diffunderade kadmium från sedimenten upp i den fria vattenmassan i alla provpunkter där beräkningen var möjlig att genomföra (pga. halter under rapporteringsgräns kunde ingen beräkning göras för F01 och F02). I augusti var diffusionen som högst i F03, där även totalhalterna i sedimenten var som högst. I oktober däremot var diffusionen högst i F06, Berggöl och F05, Storån.

Tabell 7: Diffusionsriktning för kadmium mellan ytliga sediment och bottenvatten, ↑ visar på uppåtriktad diffusion och ↓ visar på nedåtriktad diffusion

[$\mu\text{g}/\text{m}^2$, år]	okt-13	aug-14
F01	-10 ↑	¹
F02	0,25 ↓	¹
F03	0,33 ↓	-46 ↑
F04	-1,4 ↑	-1,1 ↑
F05	-24 ↑	-15 ↑
F06	-40 ↑	-2,1 ↑

¹Diffusionen inte möjlig att beräkna pga halter under rapporteringsgräns.

Utslaget på hela sjöarnas yta (Kärrhultsjön är 0,25 km^2 och Grönskogssjön, inklusive Allsedasjön är 0,6 km^2) innebär detta en diffusion på som mest 40 g kadmium per år (beräknat med högsta uppmätta diffusionshastighet). Om även sedimenten i ån inkluderas (de uppskattas i Naeslund och Josephsson, 1993 till 0,18 km^2) diffunderar som mest knappt 50 g kadmium per år från sedimenten upp i vattenmassan.



Diffusionen har även undersökts i tidigare studier. I Projekt Gladhammars gruvor, delrapport 2004:16 (Västerviks kommun och Projekt Gladhammars Gruvor, 2005), uppmättes diffusionen i Grönskogssjön till 41 $\mu\text{g}/\text{m}^2$, år, dvs i samma storleksordning som i denna studie. Analys och beräkningar genomfördes på samma sätt som i föreliggande studie och sedimentprovet togs i september 2004. I Lithner et al (1993) redovisas en diffusionsstudie som genomfördes 1993 där sedimentproppar från de tre sjöarna inkuberades under luftgenombubbling. Kadmiumhalten i överstående vatten ökade med en hastighet av 150-550 $\mu\text{g}/\text{m}^2$, år, dvs. klart mer än i de två tidigare studierna. Extrapolerat till hela sedimentytan innebär det ca 150 gram/år. Huruvida denna siffra är markant högre på grund av att diffusionen var högre på 1990-talet eller om det beror på analysmetoden är inte möjligt att avgöra.

Oavsett vilken studie som används så drar Golder slutsatsen att diffusion inte är en betydande process för spridningen av kadmium. En diffusion på 50-150 gram per år är försumbar jämfört med den totala kadmiumtransporten i Emån som under mätåret 2013/14 var 22 kg/år.

10.3.2 Resuspension och återsedimentation, transport i vattenmassan

Kadmium kan också spridas från sedimenten till vattenmassorna genom resuspension, dvs. att sedimentpartiklar rörs upp. Detta kan vara en effekt av flera faktorer, t.ex. flödande vatten som strömmar längs botten och rör upp sedimenten, eller bioturbation orsakad av t.ex. fisk. Det sediment som rörs upp kan också återsedimentera, antingen direkt på samma plats, eller transporteras till en annan del av å-systemet. Resuspension sker främst när flödet är högt medan återsedimentation främst sker när flödet är lågt och partiklarna sedimenterar genom vattenmassan.

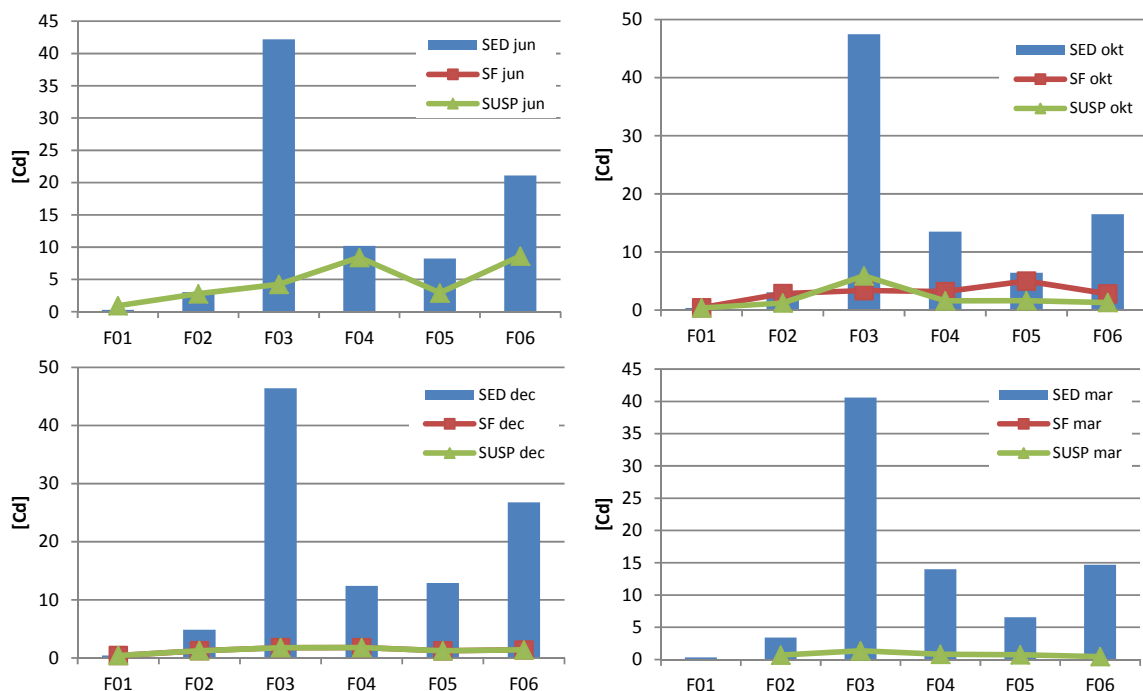
Resuspension och sedimentation har undersökts genom suspendatfiltrering och med sedimentfällor. I sedimentfällorna fångas det fallande suspendatet upp, dvs. det material som är på väg att sedimentera. Halterna i sedimentfällorna var högst under senhösten (oktober-december). De högsta halterna uppmättes i Kärrhultesjön. Samma sak gällde suspendatet, halterna var högst i Kärrhultesjön. Även i yt- och bottenvatten var halterna höga i Kärrhultesjön. Halterna var dock inte jämförbara med de förhöjda halter som uppmätts i bottensedimenten (Figur 30). Som tidigare nämnts sprids relativt lite kadmium från Kärrhultesjön (endast 5 % av den totala kadmiumtransporten kommer från detta område). Dock tycks en stor intern omsättning ske i västra delen av sjön, med både resuspension och återsedimentation.

Från sträckan mellan Grönskogsområdet och Emsfors (dvs området omkring Berggöl, F06) sprids stora mängder kadmium, trots att inga stora sedimentansamlingar med höga kadmiumhalter påträffats. Kadmiumhalterna i sedimentfällorna är relativt låga och generellt är halterna även låga i suspendatet, undantaget i juni vid Berggöl då halterna i både den lösta fasen och suspendatet var förhöjda i jämförelse med referensen. I juni sprids dock inte några större mängder kadmium från Berggöl, utan det stora tillskottet från denna del av ån kom under vintern. Inget direkt samband finns alltså mellan halter i suspendat, sedimentfällor och bottenvatten och spridning från Berggöl. Detta kan visa på att det inte är sedimenten som är källa till spridningen.

En jämförelse mellan kadmiumhalter i sediment, sedimentfällor och suspendat visar att halterna i sedimenten i de flesta fall är tydligt högre än halterna i sedimentfällor och suspendat (Figur 30). Särskilt tydligt är detta i Kärrhultesjön (F03), men även i nedströms belägna lokaler. I referensen och vid Gåsgöl är däremot halterna ungefär lika höga i alla medier. Det finns inget tydligt samband mellan halter i de olika medierna. Detta tyder på att det suspenderade och fallande materialet i Emån inte bara utgörs av bottensediment utan även av annat tillkommande material, som späder ut bottensedimenten. Det kan t.ex. vara organiskt och minerogent material från land- eller översvåmningsområden, som når ån genom ytavrinning.



KADMIUMBELASTNING I EMÅNS NEDRE DELAR



Figur 30: Kadmiumhalter i sediment, sedimentfällor och suspendat [mg/kg TS].

Kadmiumhalterna i ytligt och djupt vatten är i de flesta fall ungefär lika höga (Figur 15 och Figur 16). Vattnet i både ån och sjöarna omblandas väl i vertikalled, eftersom inga språngskikt observerades i sjöarna vid provtagningstillfällena (Figur 14). Flödet i Emån är högt och vattendjupet relativt litet vilket gör att vattnet inte skiktat sig i ån. I sjöarna sker heller ingen skiktning, vilket sannolikt beror på att flödet in i sjöarna är stort och sjöarna är förhållandevis små, vilket ger en kort omsättningstid. Grönskogssjön ingår i recipientkontrollen och syrgas och temperatur mäts i djuphålan i augusti varje år. Inte heller vid dessa provtagningar har något språngskikt registrerats under perioden 2008 – 2012, samt 2014 (data för 2013 inte tillgängligt) (Emåförbundet, n.d.). Flödet i oktober 2013 var extremt lågt men trots detta kunde inget språngskikt observeras. Det tyder på att det är mycket ovanligt att sådana skiktningar utvecklas i Emån eller dess sjöar.

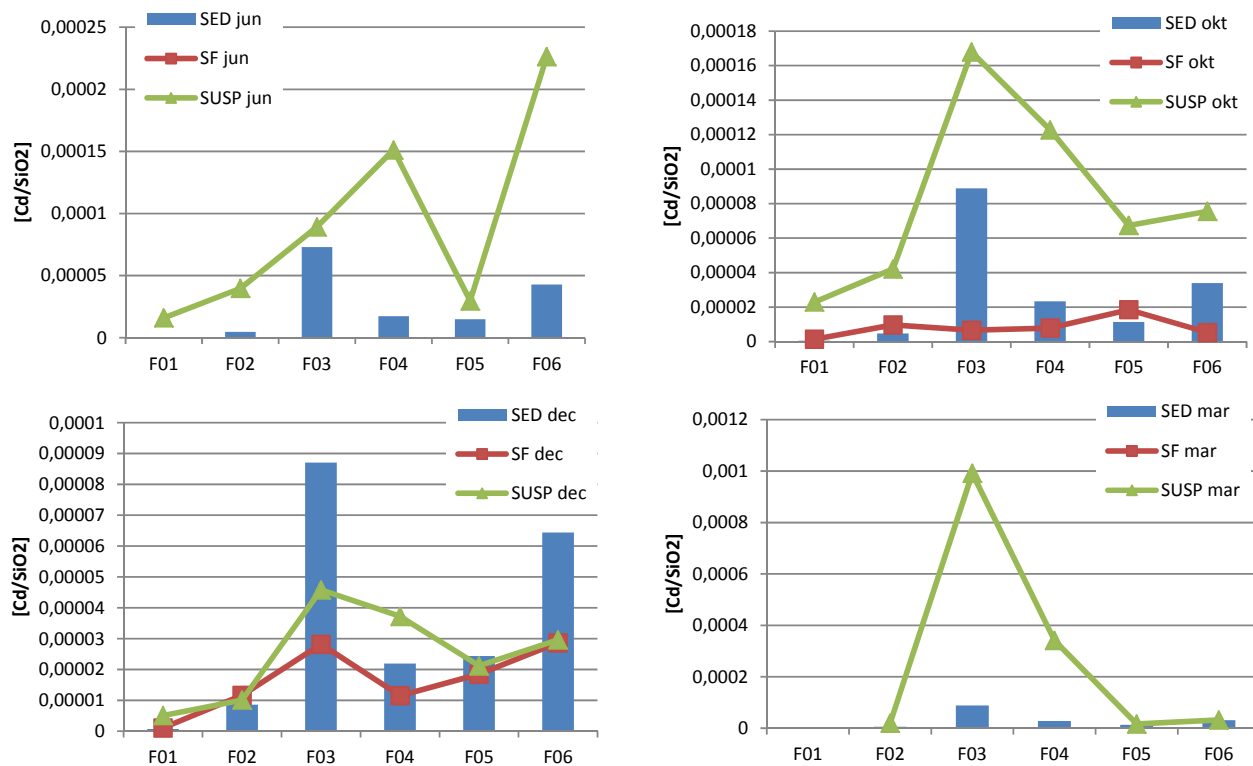
I Figur 31 redovisas kadmiumhalten normaliserad med kiseloxid. Normaliseringen görs för att utesluta påverkan från detritalt material och kiselalger. Detritalt material, dvs. bergartsfragment är ofta dominerande i sjösediment och normaliseras bort för att inte störa geokemiska tolkningar av data.

I december syns ett samband mellan kvoter i sediment, sedimentfällor och suspendat. Det tyder på att det är samma material i alla medier. I oktober och mars kan ett visst samband ses mellan kvoten i sediment och suspendat. Dock dominerar kadmium mer i suspendatet än i sedimentet (Cd/SiO_2 -kvoten är högre). Materialet i sedimentfällorna följer däremot inte samma mönster (i mars finns inga resultat från sedimentfällor då dessa plockades in över vintern). I juni syns inget samband.

Att det trots allt finns ett samband vid några säsonger när normalisering med kiseloxid har gjorts indikerar att det är "samma" material cirkulerar i systemet.



KADMIUMBELASTNING I EMÅNS NEDRE DELAR

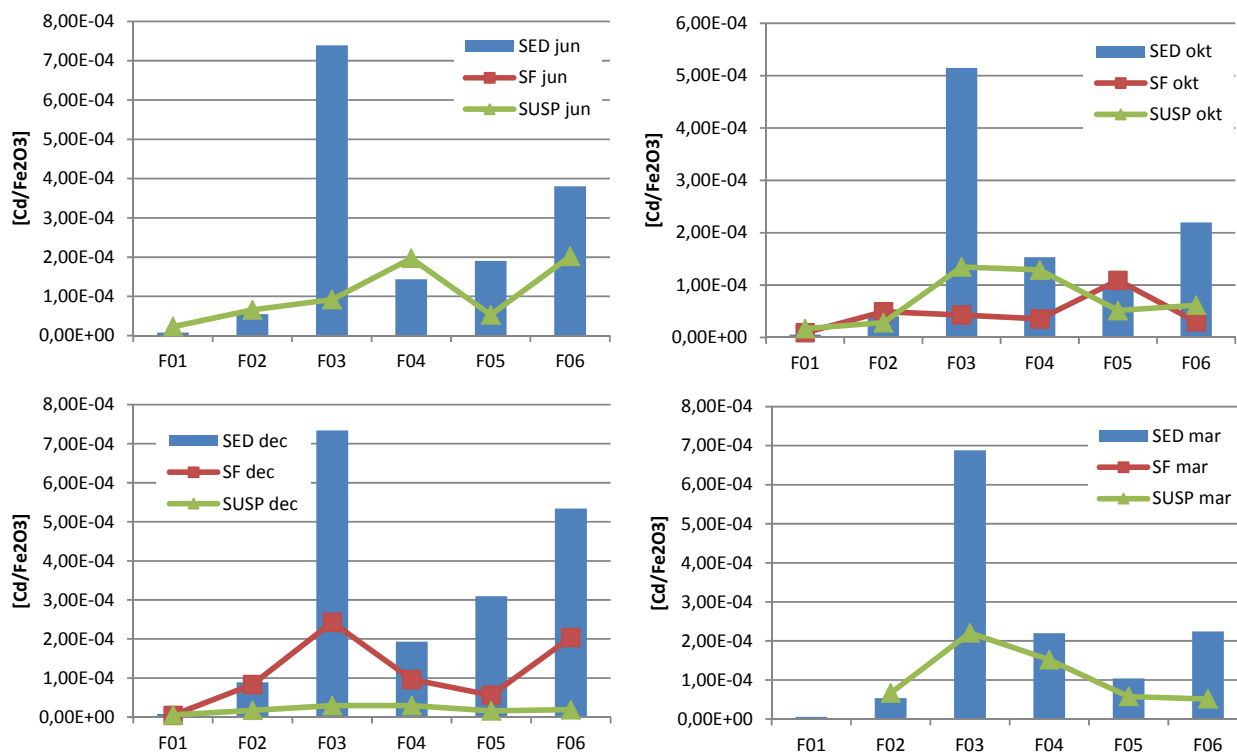


Figur 31: Kadmium/kiseloxid-kvoter i sediment, sedimentfällor och suspenderat.



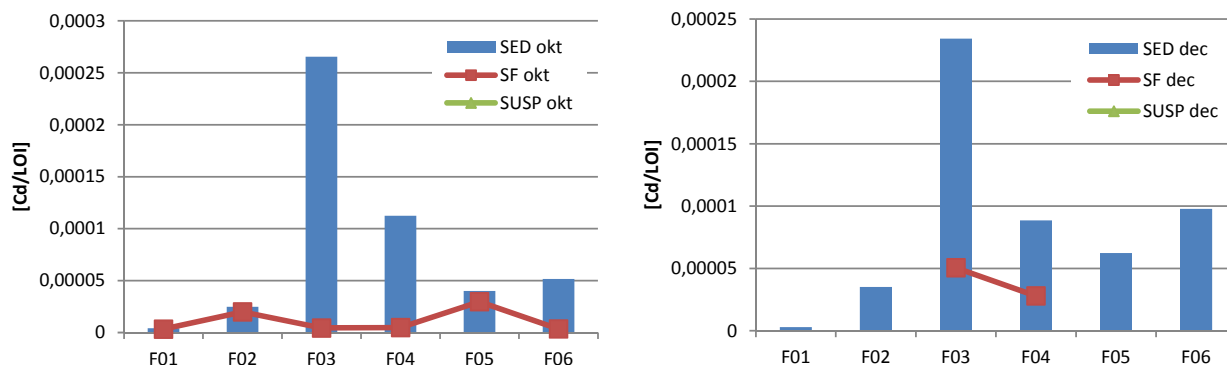
KADMIUMBELASTNING I EMÅNS NEDRE DELAR

I Figur 32 redovisas normalisering med järnoxid. I oktober och mars syns ett visst samband mellan bottensediment och suspendat, och i december finns ett visst samband mellan bottensediment och sedimentfällor. I övrigt finns inget tydligt samband.



Figur 32: Kadmium/järndioxid-kvoter i sediment, sedimentfällor och suspendat.

I Figur 33 görs en normalisering mot glödförlust (LOI). Organiskt material har inte analyserats, så glödförlust får fungera som mått på det organiska innehållet. LOI har inte analyserats i suspendatet, pga. för lite material. Av samma anledning har det endast analyserats i två av sex provpunkter i december. Inget samband syns mellan kadmium/glödförlust-kvoterna i sediment och sedimentfällor. Cd/LOI-kvoten är högre i sediment än i sedimentfällor, dvs. det finns förhållandevis mer organiskt material i sedimentfällorna än i bottensedimenten. Det tyder på att organiskt material i sedimentfällorna har en annan källa än bottensedimenten, där tillförsel från land kan vara en bidragande orsak.



Figur 33: Kadmium/glödförlust-kvoter i sediment och sedimentfällor.

De olika mönstren vid olika säsonger, med bättre korrelationer under vintern och sämre under sommaren går inte att koppla till variationer i flödet. Den sammantagna slutsatsen är att det inte går att dra en entydig slutsats om olika källors bidrag.

10.3.3 Korrelationer

Kadmiums korrelation med andra ämnen har undersökts. I samtliga ofiltrerade ytvattenprov finns viss korrelation mellan kadmium och järn ($R^2 > 0,7$). I ytvattenproven kring Grönskogsområdet (både sjöar och kvillar) finns korrelation mellan kadmium och mangan i ofiltrerat vatten. Det finns dock ingen korrelation med aluminium eller med pH, inte heller med bly eller nickel (som spridits från samma källa). I sedimentproven från sedimentkarteringen finns ingen korrelation mellan kadmium och järn, mangan eller glödförlust⁶. Däremot finns korrelation med både bly och nickel ($R^2 = 0,8$ i båda fall). För övriga medier var antalet prover för få för att göra en god korrelationsstudie.

Korrelationsstudier har också gjorts inom projekt Gladhammars gruvor, på sediment från Grönskogssjön (Hermansson och Holmström, 2004). Inte heller där kunde man finna någon korrelation mellan kadmium och järn eller kadmium och mangan. I Lithner et al (1994) redovisas en korrelationsmatris för ytvattnet, inte heller där finns någon korrelation mellan kadmium och något av de undersökta ämnena (bl.a. bly, nickel, pH och flöde).

Kadmiumhalter vid den månatliga ytvattenprovtagningen har jämförts med halter vid ytlig provtagning i fokuspunkterna i sex stycken parvis jämförbara provpunkter. Vid referenspunkten finns både en ytvattenpunkt (YV01) och en fokuspunkt (F01). I Gåsgöl finns en fokuspunkt (F02) som korreleras mot en ytvattenpunkt ca 1 km nedströms (YV04). I Berggöl finns en fokuspunkt (F06) som korreleras mot ytvattenpunkten i Emsfors (YV12), vilken är belägen ca 4 km nedströms. Provpunkterna är alltså belägna relativt långt ifrån varandra och inte direkt jämförbara. Resultaten framgår av Figur 34.

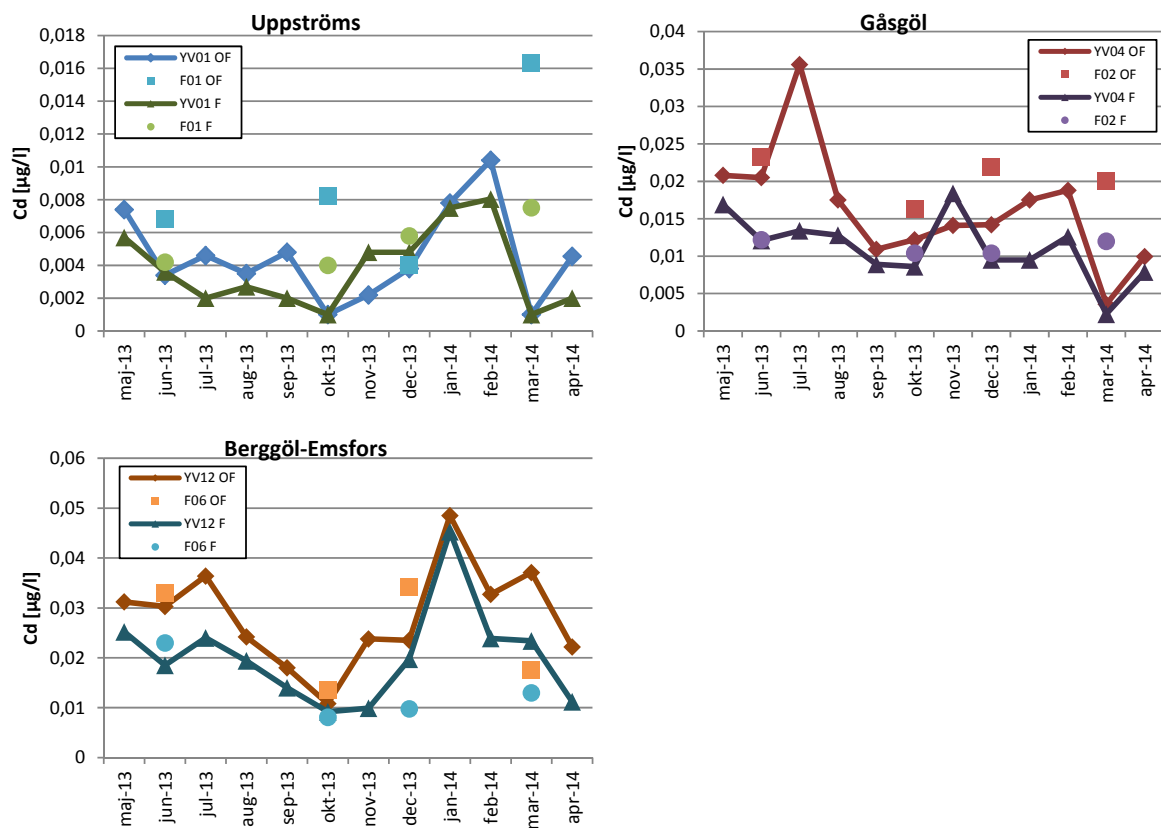
Jämförelsen visar att enstaka avvikande värden vid ytvattenprovtagningen inte alltid påvisas av fokusprovtagningen. Exempelvis framgår inte de låga halterna i oktober och mars i uppströmslokalen vid fokusprovtagning i samma punkt. Samma sak gäller de låga värdena i mars i Gåsgöl. Generellt är halterna något högre vid fokuspunkterna än ytvattenpunkterna, undantaget slutet av mätåret i Berggöl-Emsfors. Detta

⁶ Halten organiskt material har inte analyserats, därför använts glödförlust som indikator för halt organiskt kol. Vid sedimentkarteringen fanns ett samband mellan TOCC och glödförlust $TOC = LOI/1,8$, variation mellan 1,5 och 2.



KADMIUMBELASTNING I EMÅNS NEDRE DELAR

kan bero på att fokuspunkten ligger nedströms ytvattenpunkten, och därmed kan halterna ha spänts ut ytterligare. I Gåsgöl däremot ligger fokuspunkten uppströms ytvattenpunkten.



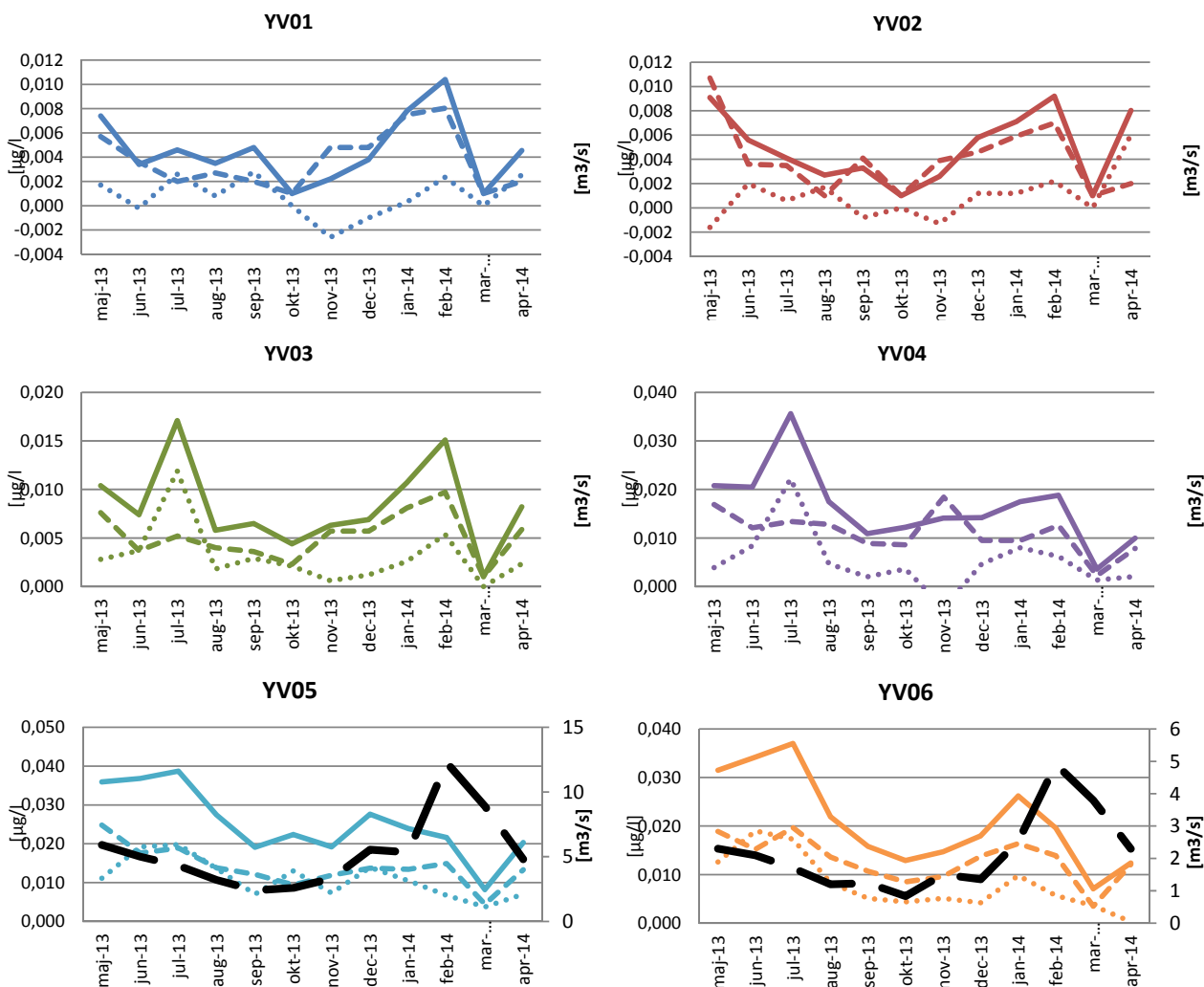
Figur 34: Kadmiumhalter i ofiltrerat och filtrerat vatten i fokuspunkter (ytligt vatten) och korrelerande ytvattenpunkter.



10.4 Kadmiumkällor

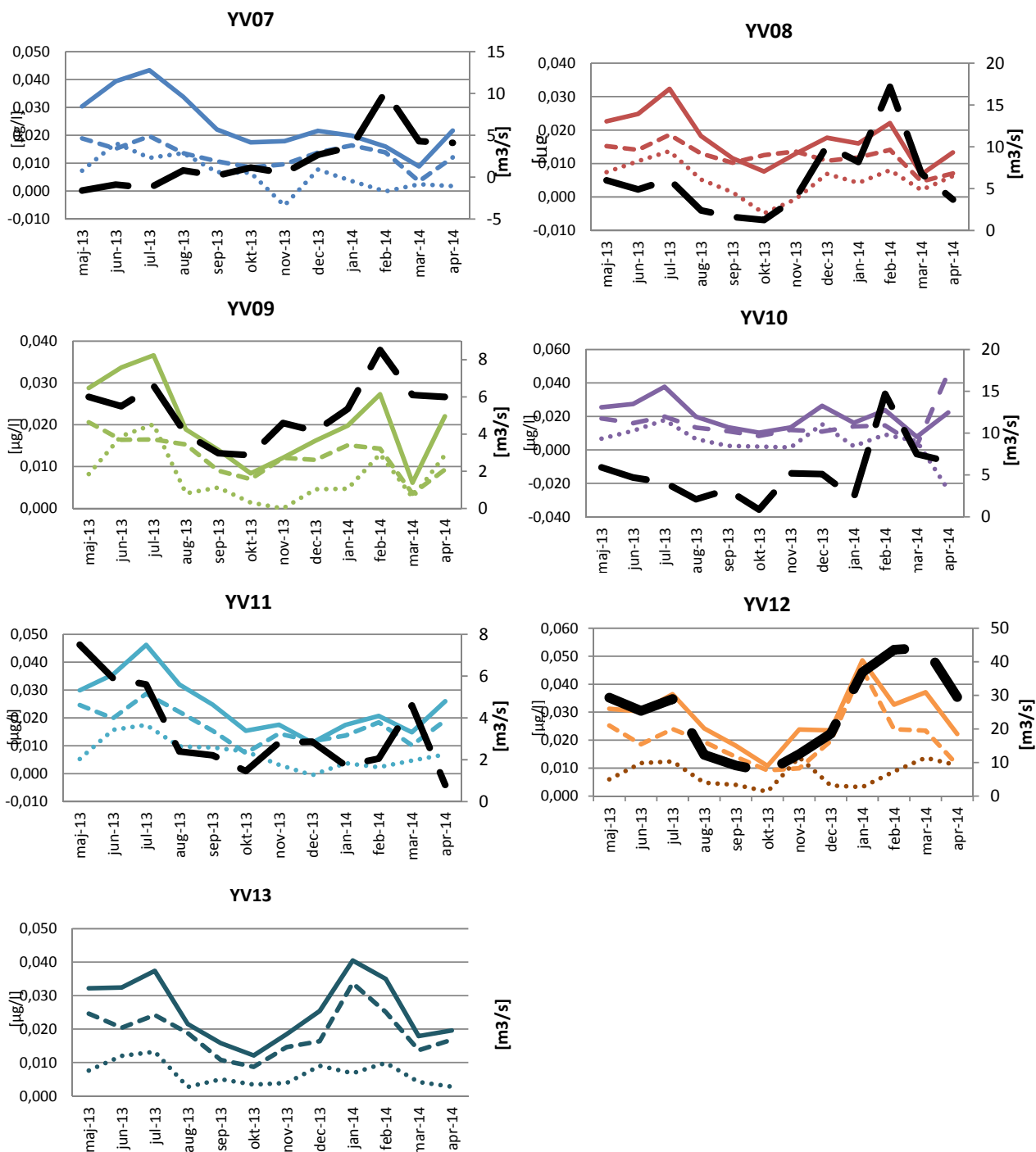
10.4.1 Kadmium i ytvatten och flöde

Kadmiumhalterna i Emåns vatten ökar generellt då flödena ökar. Särskilt tydligt är detta för det totala flödet vid Emsfors och halterna i denna punkt (YV 12 i Figur 35), men även i kvillarna i Grönskogsområdet finns ett samband (YV05-YV11 i Figur 35). Undantag är YV07 där inget samband tycks finnas, men där är flödet inte mätt utan beräknat med utgångspunkt i övriga flöden i Grönskogsområdet.





KADMIUMBELASTNING I EMÅNS NEDRE DELAR

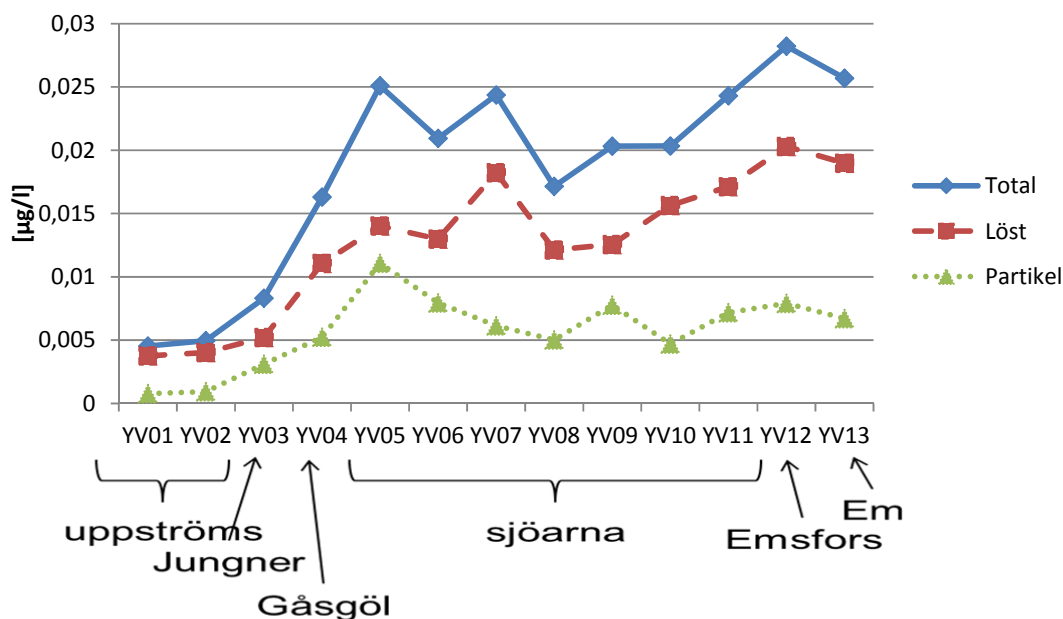


Figur 35: Totalhalter kadmium (heldragna linjer, varav partikelbundet (prickade linjer) och löst (streckade linjer) samt flöde (svarta streckade linjer) i Emån. Flöde är mätt i YV05-YV12.



Kadmiumhalterna ökar alltså när flödena ökar. Detta kan dels bero på att föroreningen kommer från sedimenten och högre flöden ger mer resuspension. Eftersom sedimenten håller höga kadmiumhalter ger det också mer kadmium i vattenpelaren. Förorenade sediment har påträffats i hela Emån, men stora sedimentansamlingar har främst påträffats i sjöarna. I Grönskogssjön har de mest förorenade sedimenten överlagrats av renare sediment, men i Kärrhultesjöns västra del sker ingen överlagring och ytliga sediment uppvisar förhöjda halter i jämförelse med riktvärden (Figur 8). Det tillskott som sker nedströms Kärrhultesjön består också till stor del av partikelbundet kadmium (Figur 36), vilket tyder på att detta kadmium kan härröra från sedimenten.

I övriga delar av ån finns inga stora sedimentansamlingar, men ändå ökar kadmiumhalterna när flödet ökar. Mellan Jungnerholmarna och sjöarna (YV03→YV04) består ökningen till största delen av löst kadmium, precis som nedströms sjöarna (Figur 36). I dessa delar finns stora översvämningssområden (se kapitel 10.4.3). Eventuellt kan de ökade flödena leda till att ån breder ut sig mer över dessa områden och på så vis för med sig kadmium. Huruvida halterna i översvämningssområdena är förhöjda är dock inte utrett. Det lösta kadmiumet är sannolikt bundet till organiskt material. Vid rådande pH och redox torde nämligen kadmium vara bundet till partiklar (se den geokemiska sammanfattningen i BILAGA F). Vid pH≈7 och oberoende av redox bildar kadmium komplex med löst organiskt material, DOC. Kadmium som är komplexbundet till små organiska partiklar (humus- och fulvosyror) går igenom filtret vid filtrering och analyseras som löst. DOC är inte analyserat i Emåns vatten, men teoretiskt sett borde halterna vara högst under hösten, då mycket organiskt material bryts ned. När halten organiskt material är hög torde en större andel kadmium binda till detta, snarare än till järn- och aluminium(hydr)oxider, och eftersom en del av det organiska materialet är löst blir andelen löst kadmium också större. Det framgår av Figur 35 att andelen löst kadmium är störst på hösten. Dessutom borde teoretiskt mängden löst organiskt kol vara störst längst nedströms i systemet, där mycket DOC tillförts via ytvavrinning, vilket kan ses på att nästan all kadmium är löst i YV12 och YV13. Att det lösta kadmiumet inte härrör från diffusion från sedimenten framgår av porvattenextraktionen, se kapitel 10.3.1.



Figur 36: Medelkadmiumhalter i Emån, totalhalt, partikelbundet kadmium och löst kadmium.



10.4.2 Kadmium i sedimenten

I sedimenten i Kärrhultesjöns västra del tycks den största poolen rörligt kadmium finnas, dvs. kadmium som inte är överlagrat med renare massor och därmed kan röras upp. Där finns stora mängder sediment med höga kadmiumhalter och ingen överlagring förefaller ha skett. I östra delen av Kärrhultesjön, har det däremot skett överlagring med förhållandevis renare sediment (Figur 8). Att så inte skett i den västra delen kan bero på att den ligger i "lä" och att vattenströmmar normalt inte når denna del av sjön. Det resulterar också i att de relativt stora mängder kadmium som finns här inte sprids i någon större omfattning. Som framgår av Tabell 3 bidrar Kärrhultesjön endast med 5 % av den totala kadmiumtransporten i Emån. En stor intern omsättning av kadmium förekommer dock i västra delen, vilket diskuteras i kapitel 10.3.2. En annan anledning till att ingen överlagring skett kan vara att vattendjupet i denna del av Kärrhultesjön är ringa. Det främjar resuspension vilket förhindrar överlagring.

Att en stor del av kadmiumföroreningen har hamnat i Kärrhultesjön och inte i Grönskogssjön kan bero på att Kärrhultesjön ligger först i systemet och därmed fungerar som en fälla för suspenderat material. Det kan, såsom också Lithner et al (1993) påpekat, också förklara varför Kärrhultesjön är grundare än Grönskogssjön (medeldjup 1,4 istället för 2,8 år 1993, dagens medeldjup är okänt).

I Grönskogssjön sker däremot överlagring. Inom Projekt Gladhammars gruvor genomfördes en åldersdatering av sedimenten i Grönskogssjöns djuphåla (Hermansson och Holmström, 2004). Resultaten visade på en sedimentationshastighet på 12 mm/år. Högsta uppmätta kadmiumhalter var vid tillfället 30-40 cm under sedimentytan (maxhalt 80 mg/kg TS). Med beräknad sedimentationshastighet innebär det under 1970-talet, vilket sammanfaller med tiden då batterifabriken lades ned (år 1974) och viss efterbehandling genomfördes i form av att avfallshögar samlades ihop i två deponier och processavfall i tunnor omhändertogs år 1976 (Mönsterås kommun, 2004). Detta tyder på att ingen omblandning sker i Grönskogssjön. Även sedimentkarteringen visar på samma sak, då de högsta kadmiumhalterna uppmätts 10-20 cm under sedimentytan, och överlagras av förhållandevis renare sediment. Att maxhalten uppmätts på olika djup i de två studierna förklaras av att proven inte är tagna i samma punkt. I Projekt Gladhammars gruvor hittades en djupare djuphåla än i föreliggande studie, och följaktligen har mer sediment ansamlats där och den maximala halten återfanns djupare ned i sedimenten.

Sedimentansamlingar finns också i Gåsgöl, i Berggöl och i kvillarna. I området omkring Gåsgöl skedde fastläggning av kadmium under mätåret. Huruvida denna fastläggning berodde på sedimentering av kadmiumhaltiga partiklar eller fastläggning i de våtmarker som finns omkring än är inte undersökt. Från området omkring Berggöl spreds förhållandevis stora mängder kadmium (9 kg under mätåret). Detta trots att sedimentansamlingarna i området är relativt små och överlagring har skett, vilket innebär att de högsta kadmiumhalterna återfinns en bit ned i sedimenten. Källan kan istället vara våtmarkerna (se kapitel 10.4.3).

Vid de pH-värden och redoxförhållanden som råder i Emån torde kadmium inte vara bundet till järn-, mangan- eller aluminium(hydr)oxider i någon större omfattning (se BILAGA F). Istället bör kadmium främst binda till organiskt material. Totalhalten organiskt kol i sedimenten varierar mellan 3,4 och 12 % (analyserat i tio prov från fyra lokaler i sedimentundersökningen). En korrelation mellan glödförlust och TOC har gjorts och med utgångspunkt i denna kan halten organiskt kol bedömas även i övriga sediment. Enligt dessa beräkningar varierar halten organiskt kol mellan 2 och 25 % med en medelhalt på 10 %.

Kadmiumhalten i sedimenten varierade ställvis betydligt inom ett litet område. Exempelvis hade sedimenten söder om Ön vid Gåsgöl en kadmiumhalt på 175 mg/kg TS 20 cm u sy, medan halten endast var 7,4 mg/kg TS på samma djup norr om Ön. Sedimenten uppvisade likartade fysiska egenskaper (färg, struktur, torrsubstans etc.). Vid upprepad provtagning av ytliga sediment i samma område observerades att



kadmiumhalten ökade under vintern. Samma sak kunde ses i samtliga fokuspunkter i åfåran, medan inga direkta variationer kunde ses på kadmiumhalten i sjöarna.

10.4.3 Våtmarker – källa eller fälla?

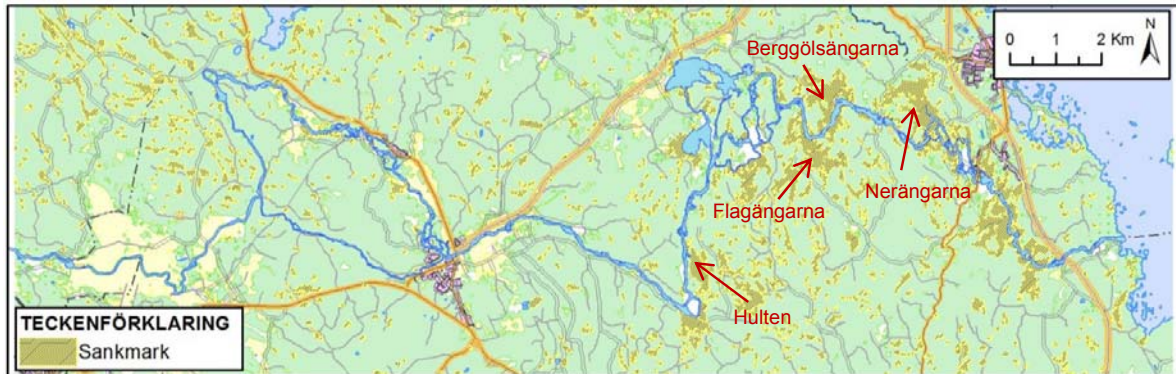
Mellan Grönskogsområdet och Emsfors tillförs betydande mängder kadmium. Även mellan Jungnerholmarna och Grönskog tillförs kadmium (med utgångspunkt i data från föreliggande studie, men utgångspunkt i data från Emåförbundets provtagning sker istället fastläggning, se kapitel 9.0). Inga större sedimentansamlingar har lokaliserats på någon av sträckorna. Däremot är båda områdena omgivna av våtmarker. Våtmarkerna är av varierande typ, såsom öppna vassar, mader, sumpkärr och ängar. Omkring våtmarkerna finns sump- och svämskogar. Hur kontakten är mellan vattnet i våtmarkerna och Emåns vatten är inte utrett, men sannolikt finns kontakt mellan dessa så att vatten i Emån kan flöda in i våtmarkerna, särskilt vid höga flöden och vattenstånd.

I Figur 37 framgår vilka områden som är klassade som sankmarker enligt översiktskartan och på Figur 38 redovisas det område som i VISS kallas *Våtmarker längs Emåns nedre lopp* och som är Natura 2000-område skyddat enligt Fågeldirektivet (SPA). På samma karta redovisas också naturreservaten Emsfors-Karlshammar och Åby, som innefattar en del av våtmarkerna och Emån. Naturreservatet Emsfors-Karlshammar bildades 2014-11-29, efter beslut av länsstyrelsen Kalmar län 2014-10-29 (Lst Kalmar län, 2014a). Naturreservatet Åby, på sträckan Gåsgöl-Grönskog, bildades 2014-12-20 (Lst Kalmar län, 2014b).

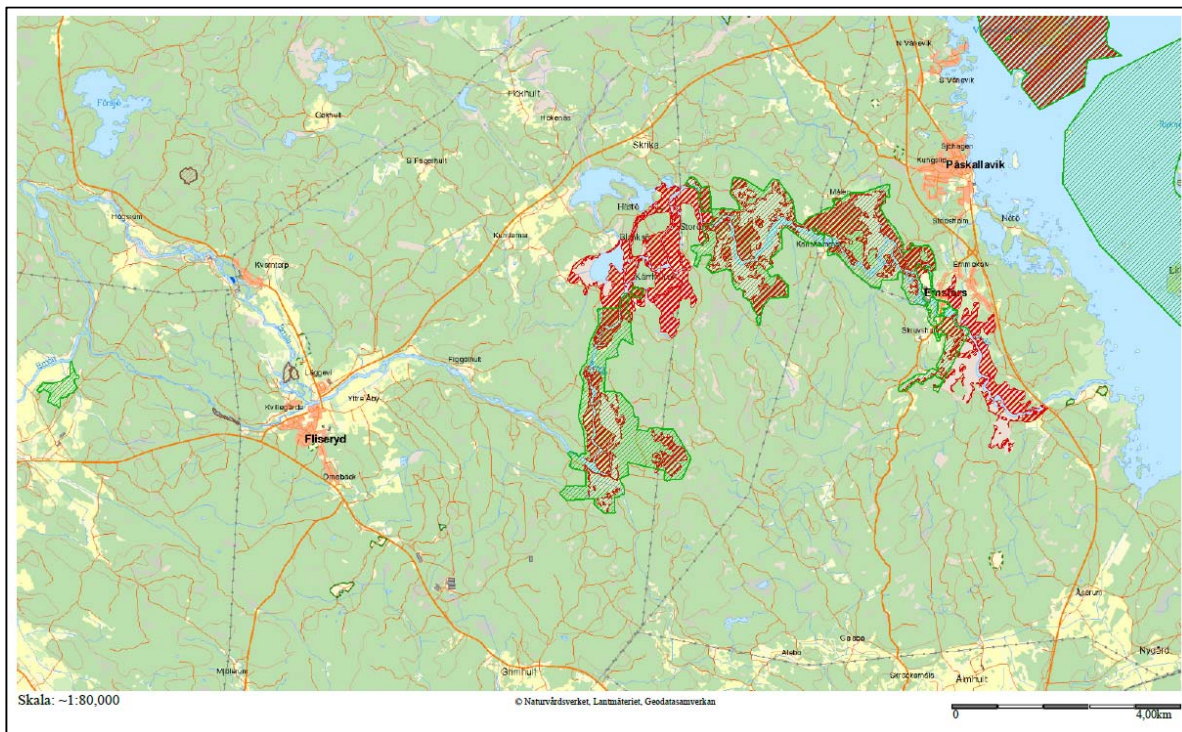
Kadmium kan ha förts till våtmarkerna vid höga flöden och dessa kan därmed utgöra en sekundär föroreningskälla. På grund av våtmarkernas stora areal och det faktum att våtmarker kan fungera som ett filter där kadmium (och andra metaller) har bundit till det organiska materialet kan stora mängder kadmium finnas i våtmarkerna. Områdena har inte undersökts i denna studie men däremot tog Länsstyrelsen i Kalmar år 2003 prover i sju provpunkter i våtmarkerna vid Nerängarna. Prov togs ut ned till 1,5 m under sediment-/markytan och analyserades för metaller. Medelhalten kadmium var i proven 1,63 mg/kg TS, högsta uppmätta halt var 7,1 mg/kg TS (Johansson et al, 2003).

Proverna visar alltså på låga kadmiumhalter i jämförelse med sedimenthalterna. Medelhalt i sedimenten nedströms Fliseryd var vid sedimentkarteringen 25,5 mg/kg TS. Halterna i sedimenten i närheten av Nerängarna (SED47 och SED48 från sedimentkarteringen, se Bilaga C) var i medeltal 5 mg/kg TS. De förhållandevis låga halterna ledde till bedömningen att Nerängarna inte var någon betydande källa vad gäller spridning av kadmium. Huruvida våtmarkerna vid Gåsgöl (bl.a. Hulten) och Berggöl (Flagängarna och Berggölsängarna) innehåller förhöjda kadmiumhalter är inte undersökt.

Våtmarkerna är komplexa system där Emåns vatten kan röra sig dels längs med ån, men också in i våtmarkerna i kanaler under t.ex. gungfly. När vattenståndet är högt och våtmarkerna svämmas över kan syresituationen förändras, vilket skulle kunna leda till att bundet kadmium frigörs. Om det finns kadmium i våtmarkerna har det sannolikt till stor del fastlagts under tiden batterifabriken vid Jungnerholmarna var i drift. Våtmarkerna skulle således idag kunna fungera som ett fördröjande system som periodvis frisätter kadmium. Fastläggning kan också ha skett under senare år och frisättning och fastläggning kan ske om vartannat beroende på variationer vad gäller vattenstånd och fysikalisk-kemiska förhållanden även idag.



Figur 37: Sankmark omkring Emån. Omnämnda översvämningsområden är markerade på figuren.



Figur 38: Våtmarker längs Emåns nedre lopp (rödmarkerat), Natura 2000-område med skydd enligt fågeldirektivet (SPA) VISS EU ID SE0330173, samt Naturreservaten Åby och Emsfors-Karlshammar (grönmarkerade) (NV, 2014),



KADMIUMBELASTNING I EMÅNS NEDRE DELAR

Med utgångspunkt från kadmiumhalter i Nerängarna kan spridningen från våtmarkerna uppskattas. För att genomföra beräkningen antas en fördelningsfaktor mellan halten i fast och löst fas, ett s.k. Kd-värde. Naturvårdsverket anger i sin riktvärdesmodell 200 l/kg som Kd-värde för kadmium (NV, 2009). Med utgångspunkt i porvattenextraktionen och medelhalter i fast och löst fas fås ett Kd-värde på 390 000 l/kg. Skillnaden är alltså mycket stor och vid fortsatt utvärdering används båda uppgifterna.

Vatten kan komma till våtmarkerna direkt från Emån, vilket kan innebära att flödet genom våtmarkerna stundtals kan vara stort. Hur stort är dock inte möjligt att uppskatta utifrån tillgänglig information. Vatten når också våtmarkerna genom nederbörd. En del av nederbörden rinner av som ytavrinning, uppskattningsvis 100 mm/år (baserat på data från SMHI). I nedanstående beräkning har ytavrinningen använts som uppskattat vattenflöde över våtmarkerna.

I Tabell 8 redovisas en grov uppskattning av mängden kadmium som sprids från våtmarkerna med utgångspunkt i max- och medelhalt vid Nerängarna, antagen ytavrinningen och de olika Kd-värdena (Naturvårdsverket respektive porvattenundersökningen). Våtmarkernas areor har beräknats utifrån de ytor som klassas som sankmarker på översiktskartan. Totalt uppskattas att någonstans mellan 1 gram och 12 kilogram spridas från våtmarkerna.

Våtmarkerna kan också vara en källa till löst organiskt kol. Kadmium som analyseras som löst kadmium, den dominerande fasen i Emån, är sannolikt bundet till löst organiskt material, som kanske härstammar från översvämningssområdena (se kapitel 10.4.1).

Tabell 8: Kadmiumspridning från våtmarker omkring Emåns nedre delar, beräknat med max- och medelhalter vid Nerängarna och Kd-värden från Naturvårdsverket och från porvattenpressningar

Namn	Area [m ²]	Kadmiumpåslag [kg/år]			
		Kd porvatten		Kd Naturvårdsverket	
		Maxhalt	Medelhalt	Maxhalt	Medelhalt
Berggölsängarna	630 000	0,0012	0,00026	2,3	0,52
Flagängarna	560 000	0,0010	0,00023	2,0	0,45
"Gåsgölsängarna"	280 000	0,00050	0,00012	1,0	0,23
Nerängarna	760 000	0,0014	0,00032	2,7	0,62
Hulten	280 000	0,00050	0,00012	1,0	0,23
Översvämningssomr. omkr. Grönskogsområdet	910 000	0,0017	0,00038	3,2	0,74
TOTALT	3 420 000	0,0062	0,0014	12	2,8



10.4.4 Andra möjliga källor vad gäller spridning av kadmium

Andra möjliga källor till spridning av kadmium kan vara

- Gamla industriområdet på Jungnerholmarna
- Grundvatten med naturligt förhöjda kadmiumhalter inom avrinningsområdet
- Luftnedfall på Emån
- Okända sedimentansamlingar eller kadmiumförorenad hårbotten/strandzoner

Översiktliga beräkningar har gjorts för att uppskatta hur mycket kadmium som skulle kunna nå Emåns från dessa källor.

Jungnerholmarna har sanerats, men trots det förefaller det som att det fortfarande sker en frisättning av kadmium från områdena. I slutrapporten från saneringen (Mönsterås kommun, 2004) beräknades att det spreds totalt 4,5-6 kg kadmium från Jungnerholmarna via grundvattnet efter saneringen (år 2002 och 2003). Innan sanering var motsvarande siffra 14 kg/år. Den största delen av läckaget kommer från Bruksholmen (Mönsterås kommun, 2004), där en stor del av grundvattnet avrinner i naturlig, ej sanerad jord. Hur stort läckaget från Jungnerholmarna är idag är något osäkert, då data från olika studier visar på olika tillskott, mellan 3 och 11 kg (se kapitel 9.0). Sannolikt är tillskottet i samma storleksordning som 2002-2003.

Bakgrundshalten av kadmium i grundvatten är enligt SGU:s bedömningsgrunder 0,055 µg/l (90-percentil) till 0,089 µg/l (95-percentil) (statistik för hela landet, SGU, 2013). Med en grundvattenbildning på 100 mm/år över hela nedre delen av Emåns avrinningsområde (200 km²) skulle detta innebära ett kadmiumtillskott av 1-2 kg/år.

Enligt miljöövervakningen för luftkvalitet (IVL, 2014) är medelkadmiumhalten i nederbörd 0,05 µg/l (medeltal från fem svenska mätstationer för perioden 2003-2013). Med en nederbörd på 500 mm/år innebär det att 0,06 kg Cd kan falla direkt på Emån (Emåns area nedströms Fliseryd är 2,5 km²).

Med en totaltransport på 22 kg/år, varav 4 kg kommer från uppströms källor, 3-11 kg från Fliseryd och 3 kg från Grönskogsområdet kvarstår 7-15 kg som inte kan förklaras. Tillskottet som kommer från Fliserydsområdet kan till viss del, men inte helt, förklaras av grundvattenläckage från Jungnerholmarna. Enligt ovanstående resonemang kan 0-12 kilogram komma från våtmarker, 1-2 kg komma från grundvatten som faller på avrinningsområdet och 0,06 kg från nederbörd som faller direkt på Emån. Det ger totalt 1-14 kg utöver spridningen från Jungnerholmarna. Sannolikt kommer inte så mycket som 12 kg från våtmarkerna, utan flera okända källor finns. Dessa kan t.ex. vara oidentifierade sedimentansamlingar längs med ån (sträckan Grönskogsområdet – Emsfors). Ett resonemang kring detta förs i nedan stycken.

Karlshammar dammen, som är uppdämd ca 1 km nedströms Berggöl, men sträcker sig både upp- och nedströms Berggöl, har tidigare bedömts innehålla relativt stora mängder sediment (Naeslund och Josephsson, 1993), men i föreliggande studie påträffades endast mindre mängder sediment vid Berggöl. Sannolikt varierar mängderna sediment beroende på flödesregimen i kraftverket. När dammluckorna står helt öppna kan stora delar av sedimenten transporteras bort tillsammans med vattnet som flödar genom dammen. När luckorna stängs, eller flödet begränsas, kan sedimenten åter byggas på. Kraftverket i Karlshammar regleras på kort tid, och enligt uppgift genom ett oförutsägbart mönster. Vid undersökningen 1993, då relativt stora mängder sediment hittades i dammen, var kadmiumhalten som högst 25 mg/kg TS, dvs i nivå med medelhalten i sedimentkarteringen i Bilaga C. Vid sedimentkarteringen 2013 var halterna i Berggöl i medeltal 5 mg/kg TS. Med tanke på att dammen endast stundtals innehåller sediment och



kadmiumhalterna är relativt låga bedöms Karlshammardammen inte bidra med några större mängder kadmium.

Hårdbotten kan möjligen också innehålla kadmium, som skulle kunna diffundera upp i vattenmassan. Detta har observerats i andra förorenade vattendrag i närheten av källan. Vad hårdbotten i Emån består av och huruvida detta material skulle kunna innehålla höga kadmiumhalter är inte undersökt. Eftersom spridning från en sådan hårdbotten sannolikt sker genom diffusion bör det inte kunna utgöra någon större källa till kadmium.

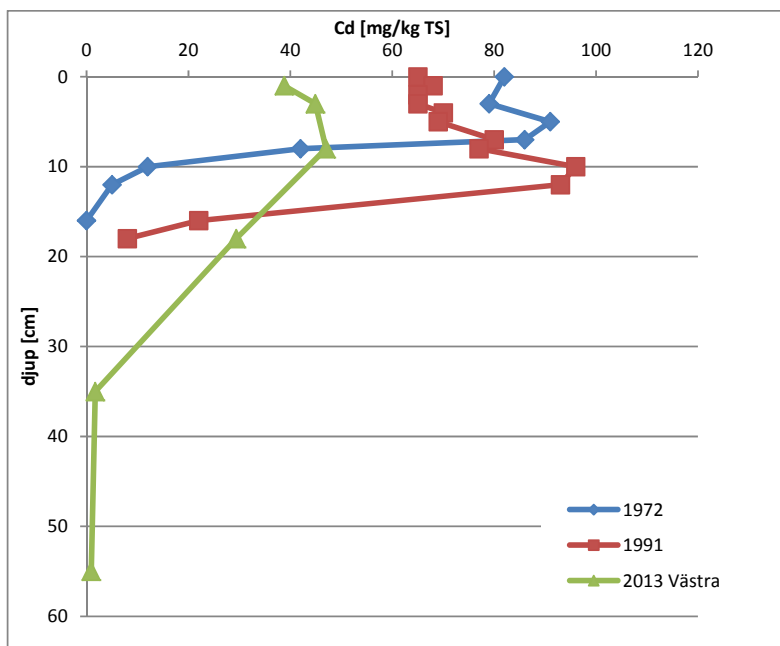
10.5 Framtida spridning

För att bedöma vad som kommer att hända med föroreningen i Emån i framtiden diskuteras här hur föroreningssituationen har förändrats sedan 1970-talet, då batterifabriken på Jungnerholmarna lades ned.

10.5.1 Kadmiumhalter i sedimenten

På 1970-talet uppmättes kraftigt förhöjda kadmiumhalter i sedimenten vid batterifabrikens omedelbara närhet. I löst avlagrade sediment var kadmiumhalterna 600-700 mg/kg TS, men i ytsediment från botten var halterna omkring 60 mg/kg TS (utläst ur figur, Lithner et al, 1994). Vid sedimentkarteringen år 2013 varierade halterna mellan 2 och 17 mg/kg TS, med högst halter mot djupet. Kadmiumhalterna har alltså sjunkit betydligt i anslutning till Jungnerholmarna. Kadmium har sannolikt förflyttats nedströms i systemet, eftersom inte heller halterna längst ned i sedimenten är jämförbara med halterna på 1970-talet. En naturlig återhämtning av sedimenten vid Jungnerholmarna har således skett (vid efterbehandlingen i början av 2000-talet sanerades endast markområden, inte sediment), men denna återhämtning har förmodligen resulterat i att kadmium spridits till andra delar av Emån och till Kalmarsund.

I Kärrhultesjöns västra del har halterna kontinuerligt sjunkit i ytan, från drygt 80 mg/kg TS på 1970-talet till drygt 60 mg/kg TS på 1990-talet och knappt 40 mg/kg TS på 2010-talet (Figur 39). Mellan 1970-talet och 1990-talet tycktes överlagring ske, då haltmaxima rörde sig nedåt i profilen. 2013 var dock haltmaxima återigen nära ytan. Detta kan förklaras av att provet inte är taget i exakt samma punkt (provet från föreliggande studie är taget något längre västerut i sjön). Eventuellt sker alltså överlagring i delar av västra Kärrhultesjön. Det kan således ske viss naturlig återhämtning även i denna del av åsystemet, men åtminstone delar av Kärrhultesjöns sediment överlagras inte och återhämtas alltså inte naturligt. Mellan 1970-talet och 1990-talet tycks återhämtning ha skett genom överlagring, men eventuell haltminskning har även till stor del bestått i att kadmiumföroreningen rört sig längre nedströms i systemet och läckt ut i Kalmarsund (se kapitel 9.0 för beräkning av läckaget).



Figur 39: Kadmiumhalter i sedimenten i Kärrhultesjön, 1972, 1991 och 2013.

I östra Kärrhultesjön, såväl som i Grönskogssjön, sker naturlig överlagring av sedimenten, vilket syns på att haltmaxima påträffas en bit ned i sedimenten, 30 cm u sy i Kärrhultesjön och 10-20 cm u sy i Grönskogssjön. Att haltmaxima påträffas djupare i Kärrhultesjön beror sannolikt på att det är den första sjön i systemet och att den därmed fungerar som fälla för största delen av det suspenderade material som kommer till sjöarna. Antalet prov är dock få, ett i östra Kärrhultesjön och tre i hela Grönskogssjön inklusive Allsedasjön, vilket bör beaktas som en osäkerhet. Teorin stärks dock av Lithner et al (1994). På 1970-talet uppmättes de högsta kadmiumhalterna i ytsedimenten i sjöarna, men på 1990-talet hade haltmaxima sjunkit till 15 cm u sy i Grönskogssjön och 10 cm u sy i Kärrhultesjön (genomsnitt för östra och västra delen). Trots att överlagring sker är dock halterna i ytan fortsatt förhöjda (14 mg/kg TS i östra Kärrhultesjön respektive 8-10 mg/kg TS i Grönskogssjön).

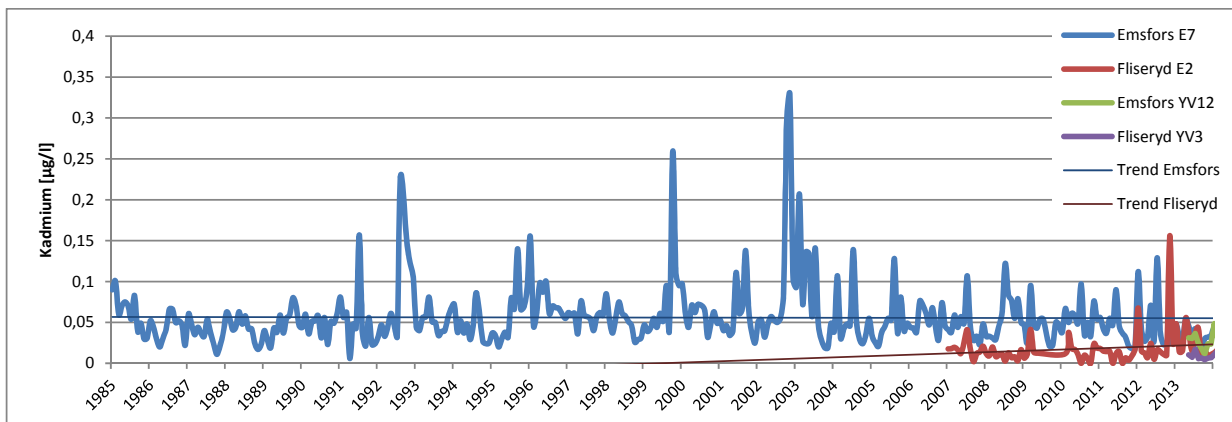
10.5.2 Kadmiumhalter i vattnet

Kadmiumhalterna i vattnet under det aktuella mätåret var lägre än tidigare år, och utan de kraftiga halttoppar som karaktäriserat tidigare års mätningar. Medelhalten i ofiltrerat vatten vid Emsfors under 2013/2014 var 0,03 µg/l (0,034 µg/l utifrån recipientkontrollens data respektive 0,028 µg/l utifrån föreliggande studie), jämfört med 0,056 µg/l från perioden 1985-2012. I Figur 40 redovisas kadmiumhalterna sedan mätningarna startade i Emsfors 1985 och i Fliseryd 2006. I Figur 41 fokuseras på perioden 2012-2014. E7 och YV12 är samma lokal, och halterna följer varandra väl (undantaget april 2014). YV03 är belägen i den del av Emån som passerar Jungnerholmarna, medan E2 är belägen något mer nedströms, och representerar därför även vatten från Fliserydskvillen och från Mejerikvillen öster om Bruksholmen, se Figur 42 (mer diskussion kring likheter och skillnader mellan dessa både provpunkter finns i kapitel 9.0). Halterna är i början av mätåret lägre i YV03 än i E2. I slutet av mätåret är dock halterna jämförbara (undantaget mars 2014).

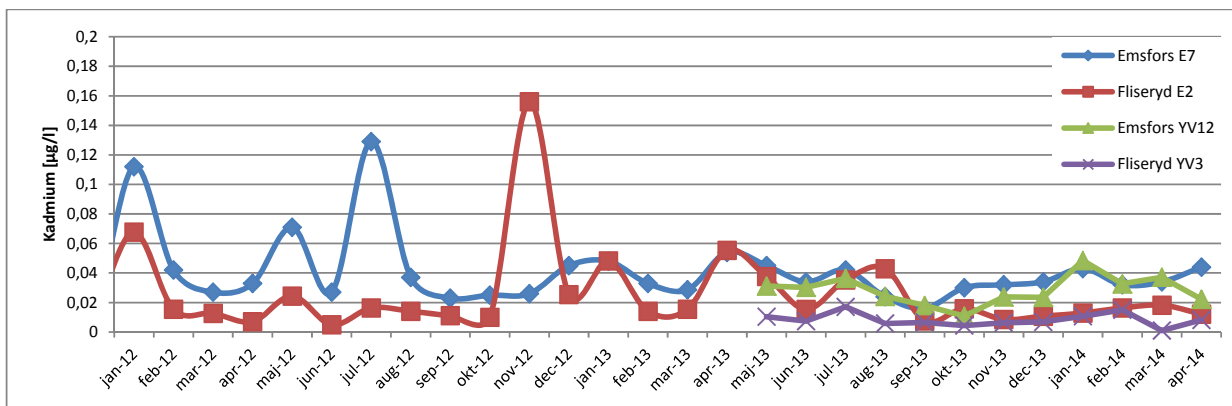
Att halterna var lägre under det aktuella mätåret kan förklaras med att året innehöll ovanligt få extrema flöden och som tidigare visats var kadmiumhalten högst när flödet var högst.



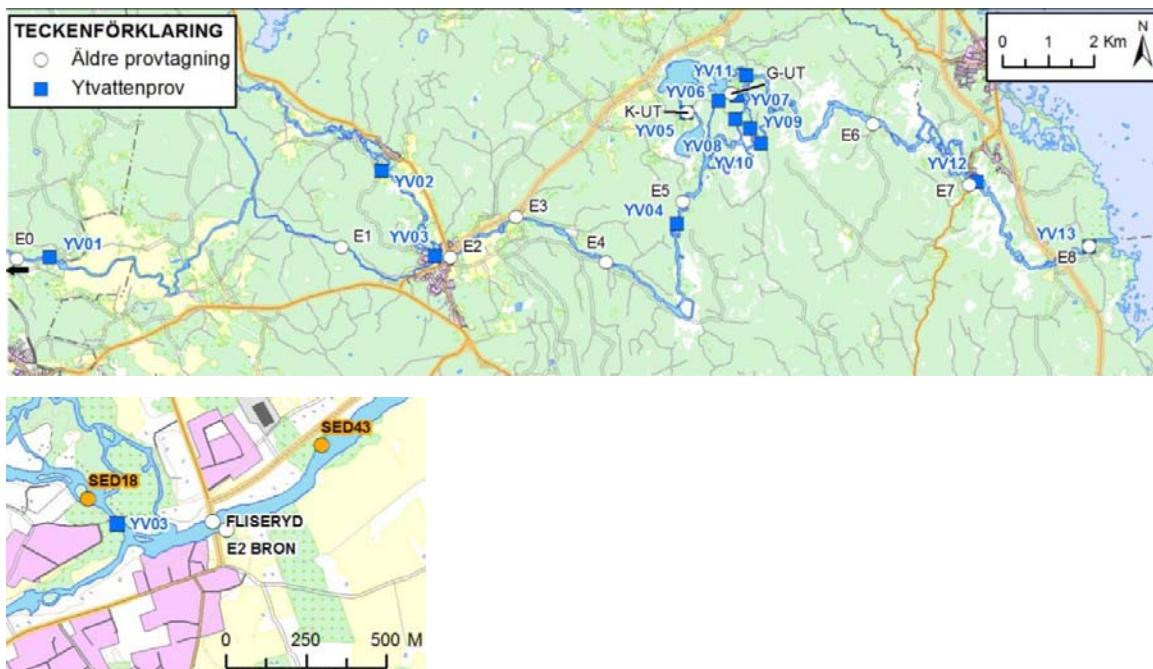
KADMIUMBELASTNING I EMÅNS NEDRE DELAR



Figur 40: Kadmiumhalter i Emsfors och Fliseryd från recipientkontrollen (E7 och E2) samt från föreliggande studie (YV12 och YV3), 1985-2014.

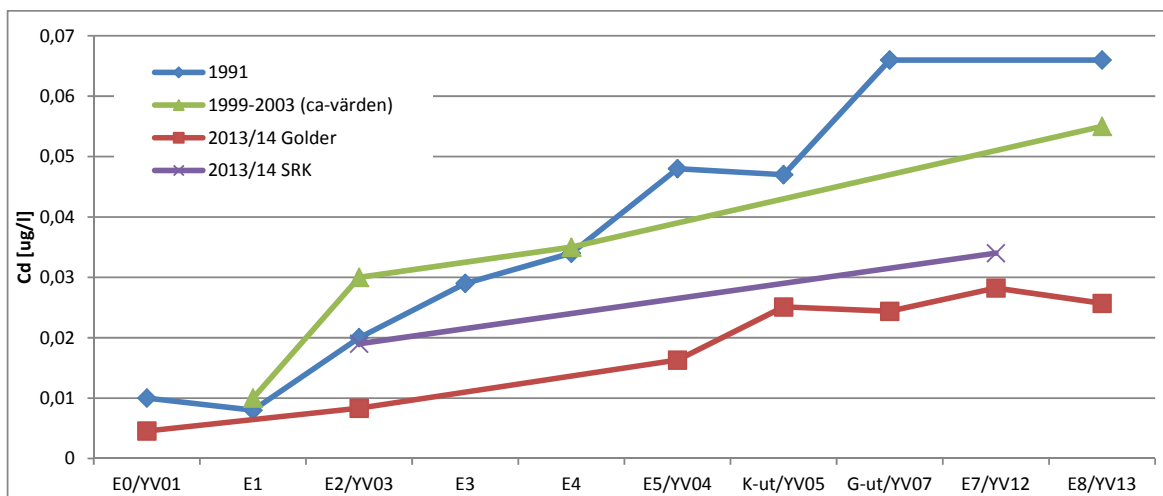


Figur 41: Kadmiumhalter i Emsfors och Fliseryd från recipientkontrollen (E7 och E2) samt från föreliggande studie (YV12 och YV3), 2012-2014.



Figur 42: Lokaler för historisk provtagning E0-E8, samt månadsvis ytvattenprovtagning i föreliggande studie (med inzoomning på Jungnerholmarna).

År 1991 provtogs vattnet i Emån månadsvis i nio lokaler (Lithner et al, 1993). Under perioden 1999-2003 provtogs vattnet månadsvis i fyra lokaler (Mönsterås kommun, 2004). I Figur 43 jämförs medelhalterna vid dessa provtagningar med medelhalter från motsvarande provpunkter i föreliggande studie (provtagna maj 2013 - april 2014) samt medelhalter från samma period (maj 2013 - april 2014) från recipientkontrollen. 1991 steg halterna kontinuerligt från Fliseryd och nedströms, undantaget Kärrhultesjöns utlopp där halterna istället var jämförbara med uppströms belägna E5. I nivå med Grönskogssjön tillfördes mycket kadmium och halten steg från 0,047 µg/l till 0,066 µg/l. Vid provtagningarna 1999-2003 steg halterna kontinuerligt, med en kraftig stigning nedströms Jungnerholmarna och en svagare ökning mellan Jungnerholmarna och E4. Vid provtagningen 2013/14 var halterna lägre, med en medelhalt på 0,026 µg/l i YV13/E8 att jämföra med 0,066 µg/l år 1991 och omkring 0,05-0,06 µg/l 1999-2003. Mönstret vid sjöarna var vid föreliggande studie motsatt det från år 1991, med den kraftigaste ökningen i Kärrhultesjön (halten steg från 0,016 till 0,025 µg/l) och en svag minskning i Grönskogssjön. Recipientkontrollen visade något högre halter än föreliggande studie, med en medelhalt på 0,034 µg/l i E7 att jämföra med 0,028 i YV12.



Figur 43: Medelhalt kadmium från 7-8 provtagningar under år 1991, månadsvisa provtagningar under fyra år 1999-2003 13 provtagningar inom föreliggande studie under mätåret 2013/14 samt recipientkontrollens provtagning i E2 och E7 under mätåret 2013/2014. Halterna år 1999-2003 är hämtade ur en graf och därmed ungefärliga.

10.5.3 Uppskattning av totalt upplagrad mängd kadmium

Med utgångspunkt i produktionssiffror från batterifabriken på Jungnerholmarna har Bo Bergbäck på Linnéuniversitetet och Tommy Hammar på Lst i Kalmar beräknat kadmiumutsläpp i Emån under produktionsperioden 1910-1974. Enligt beräkningarna släpptes totalt drygt 30 ton kadmium direkt ut i Emån under de 65 åren (Bergbäck & Carlsson, 1995; Hammar, T., 2014). En stor del av detta kadmium har sannolikt redan transporterats ut i Kalmarsund, men en del finns kvar som en kadmiumpool i Emån. Hur mycket som transporterades ut i Kalmarsund under produktionsåren är inte känt, men under perioden 1985-2013 läckte i medeltal 50 kg/år ut, vilket under en 65-årsperiod skulle bli drygt 3 ton. Sannolikt var transporten till Kalmarsund större under produktionsåren. Förutom de direkta utsläppen under produktionsåren har dessutom kadmium läckt från markområdena efter det att fabriken lades ned. Enligt slutrapporten från efterbehandlingen av Jungnerholmarna (Mönsterås kommun, 2004) var detta läckage ca 14 kg/år före saneringen och 5-6 kg/år efter saneringen. Det skulle innebära ett ytterligare tillskott på knappt 400 kg innan sanering och 60 kg efter saneringen (tom år 2013).

Detta innebär att upp emot 30 ton kadmium, men sannolikt mindre än så, kan finnas upplagrat i och längs med Emån nedre delar.

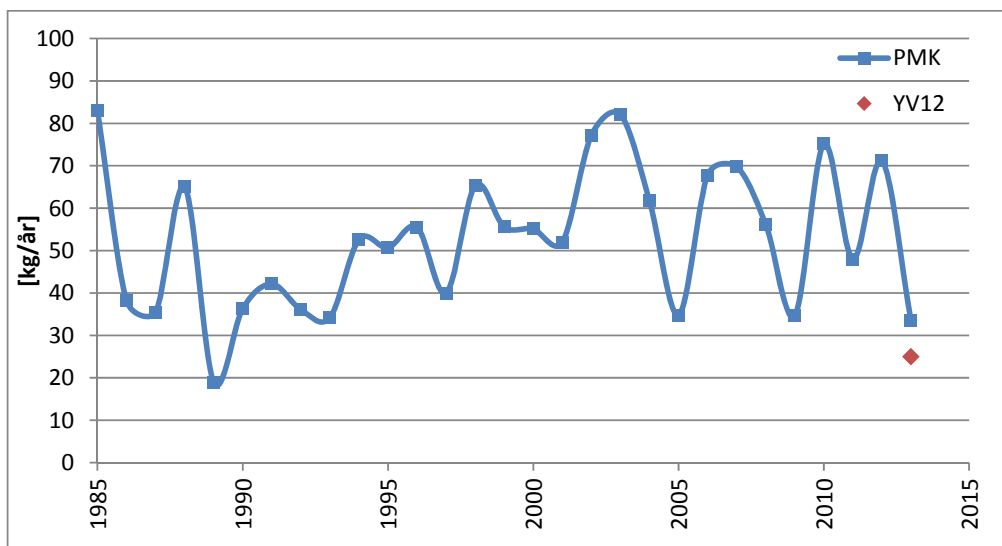
10.5.4 Kadmiumtransport

Kadmiumtransporten vid Emsfors har beräknats som en del av Naturvårdsverkets program för övervakning av miljö kvalitet (PMK) sedan 1985. Transporten har varierat mellan 82 och 19 kg per år, med ett medeltal under perioden 1985-2013 på drygt 50 kg/år (SLU, 2014) (Figur 37). Under mätåret 2013/2014 uppgick transporten till 28 kg kadmium enligt PMK och 25 kg enligt föreliggande studie (observera att detta gäller Emsfors (YV12) inte utloppet (YV13) där transporten under mätåret var något lägre, pga. fastläggning), dvs. ungefär hälften så mycket som medelläckaget under de tidigare 30 åren. Trenden är över hela perioden en ökning i kadmiumläckage, men sett enbart på perioden sedan Jungnerholmarna sanerades och tillskottet från landområdet därmed minimerades, har läckaget minskat.

Totalt har 1,5 ton kadmium transporterats från Emån ut i Kalmarsund under de knappt 30 åren som mätningar genomförts.



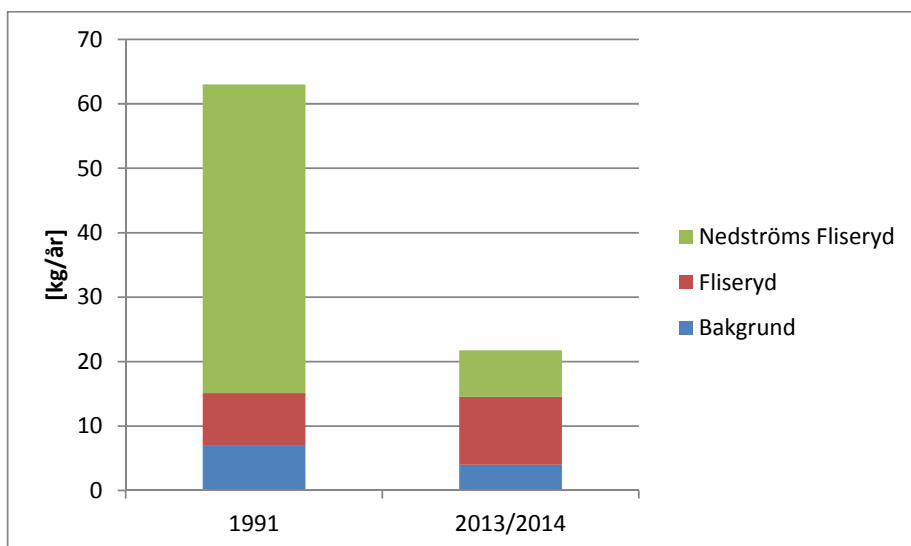
KADMIUMBELASTNING I EMÅNS NEDRE DELAR



Figur 44:Kadmiumtransport vid Emsfors 1985-2013, från Naturvårdsverkets program för övervakning av miljökvalitet (PMK) (SLU, 2014). Den röda pricken visar kadmiumtransporten beräknad med utgångspunkt i kadmiumhalter i punkt YV12 mätåret 2013/2014.

Med utgångspunkt i andra ytvattenanalyser beräknade Lithner et al (1994) kadmiumtransporten under 1991 till 63 kg (PMK beräknade transporten 1991 till 42 kg). Av det bestod 11 % av bakgrundstransporten, 13 % kom från Fliseryd och resterande 76 % från de nedströms liggande delarna. Motsvarande transport mätåret 2013/2014 var 22 kg, där 18 % var bakgrundstransport, 49 % kom från Fliseryd och 34 % från nedströms liggande delar (15 % från Grönskogsområdet) (Figur 45). Det är dock något oklart hur fördelningen är mellan uppströms och Fliseryd, detta eftersom Fliserydskvillen inte inkluderas i uppströmsprovet.

Andelen av den totala transporten som kom från Fliseryd var alltså större 2013/2014 än 1991. Den totala transporten 2013/2014 var bara 1/3 av transporten 1991.



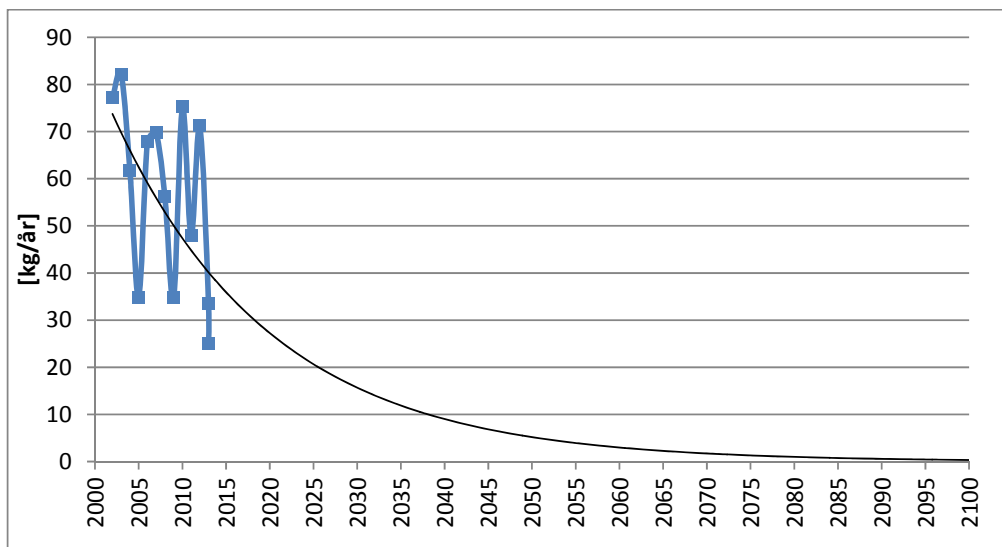
Figur 45:Total transport ut ur Emån 1991 och 2013/14, fördelat på bakgrundstransport, tillskott vid Fliseryd och tillskott nedströms Fliseryd



10.5.5 Beräkning av framtida kadmiumläckage

I Lithner et al (1994) görs en beräkning där den totala och den rörliga kadmiumpoolens storlek beräknas och kadmiumtransporten tidsbestäms. 1972 uppskattades att det fanns totalt 1 ton kadmium i sjösedimenten, men som Lithner et al (1994) konstaterar har denna mängd ökat sedan dess eftersom både direkta utsläpp och senare läckage från landområden fortsatt efter detta år. Med ett aktivt skikt (som kan bidra till kadmiumläckage) på 5 cm innebär det 170 kg som kan spridas från sjöarna. Från själva åns sediment uppskattas 75 kg kadmium kunna spridas, vilket alltså sammanlagt ger 250 kg. Det genomsnittliga läckaget ut i Kalmarsund är 50 kg/år vilket innebär att all kadmium skulle lakas ut på 5 år. Så är dock inte fallet. Sedan 1994 har ett ton kadmium läckt ut i Kalmarsund. Kadmiumpoolen är alltså betydligt större än vad beräkningen gör gällande (något som också konstateras av Lithner et al, 1994). Med utgångspunkt från produktionsdata har det beräknats att upp emot 30 ton kadmium kan finnas i och längs med Emåns nedre delar (se kapitel 10.5.2). Den verkliga kadmiumpoolen i Emån är sannolikt betydligt mindre än 30 ton, då en stor del redan transporterats ut i Kalmarsund.

En annan grov beräkning av kadmiumläckaget kan göras baserat på att läckaget har minskat sedan saneringen av Jungnerholmarna färdigställdes år 2001 (Figur 46). Om det antas att minskningen är exponentiell och att den fortsätter enligt samma mönster skulle den följa trendlinjen i Figur 39. Totalt skulle det då under åren 2013-2100 läcka ut ett knappt ton kadmium i Kalmarsund. År 2044 skulle transporten vara ca 10 kg/år, och år 205 skulle transporten vara 6 kg/år, vilket är i nivå med dagens bakgrundstransport och tillskotten via grundvatten och direktnedfall. Observera att detta är en mycket förenklad och teoretisk bild av det framtida kadmiumläckaget. Det är inte utrett huruvida kadmiumläckaget faktiskt kommer att minska exponentiellt.



Figur 46: Kadmiumläckage vid Emån, med trendlinje för perioden efter sanering av Jungnerholmarna (from 2002). Trendlinjen är förlängd för att ge en teoretisk bild av hur kadmiumläckaget avtar.

Sammantaget kan sägas att överlagring sker i stora delar av Emån och halterna i sedimenten har minskat med tiden. Orsak till minskningen är dels minskad belastning från Jungnerholmarna, dels överlagring, men också att en stor del av kadmiumen transporteras nedströms i systemet och ut till Kalmarsund. Denna haltminskning kommer sannolikt fortsätta i framtiden, men de förhöjda halterna i sediment och den långsamma minskningen gör att sedimenten kommer hålla halter över de miljöriskbaserade riktvärdena



under lång tid framöver. Även transporten kommer sannolikt minska med tiden, men det kommer ta lång tid innan transporten når bakgrunds nivåer (6 kg/år inklusive naturliga tillskott).

11.0 SLUTSATSER

Föreliggande studie har visat att det finns flera källor till kadmium längs med Emån på sträckan mellan Fliseryd och Kalmarsund. Under det aktuella mätåret spreds 22 kg kadmium från Emån ut i Kalmarsund, men snittet de senaste 30 åren har varit drygt 50 kg per år.

De mest betydande källorna till kadmium förefaller vara okända tillskott längs med ån, både upp- och nedströms Grönskogsområdet. Betydande sedimentansamlingar finns främst vid Grönskogsområdet, och därifrån härrör 15 % av den transporterade mängden. Under mätåret skedde en nettofastläggning av kadmium nedströms Emsfors. Fastläggningen främst i mars. Vid Grönskogsområdet bedöms källan till kadmium vara de förorenade sedimenten men på övriga platser har inga betydande sedimentansamlingar lokaliserats. Tillskottet vid bruksholmarna är osäkert, då halter från olika mätningar (inom föreliggande projekt och från Emåförbundets provtagning) visar på olika stort tillskott. Vid bruksholmarna bidrar sannolikt spridning från bruksområdet, och från övriga områden skulle de våtmarker som finns längs med ån, icke lokaliserade sedimentansamlingar eller kadmium i hårbotten kunna utgöra potentiella källor till kadmium. Baserat på en mycket grov skattning bedöms våtmarkerna preliminärt vara den mest betydande källan av dessa. Från området Jungnerholmarna-sjöarna sprids kadmium främst under sommaren, medan kadmium tillförs ån vid Grönskogsområdet och Grönskogsområdet-Emsfors främst under vintern. Det finns dock inget tydligt samband mellan kadmiumhalter i suspendat, sedimentfällor och bottenvatten och perioden med störst spridning.

Kadmiumspridningen från Emån till Kalmarsund har minskat sedan saneringen av Jungnerholmarna genomfördes i början av 2000-talet. Om minskningen skulle fortsätta exponentiellt i samma takt skulle det dröja 40 år innan spridningen var nere på bakgrunds nivå inklusive naturliga tillskott. Halterna i ytliga sediment har också minskat, och överlagring förefaller ske inom stora delar av aktuell sträcka i Emån, men i delar av Kärrhultesjön, i vissa kvillar vid Grönskogsområdet och vid Gåsgöl rörs sedimenten om så att de högsta halterna fortfarande uppmäts i ytan.

Diffusion från de lösa sedimenten förefaller inte vara en betydande spridningsväg. Istället bedöms föroreningen spridas från sedimenten genom resuspension. Från sjöarna sprids kadmium i partikelbunden form, men från själva åsträckan sprids främst löst kadmium. Källan till det kadmium som tillkommer längs åsträckan är inte klarlagd. Våtmarkerna omkring ån kan vara bidragande, men dessa är inte undersökta i föreliggande studie. Sannolikt är det lösta kadmiumet i själva verket bundet till små humus- och fulvosyror, det vill säga löst organiskt material, DOC. Detta kan ha sitt ursprung i översvåmningsområdena, då den typen av områden ofta innehåller mycket organiskt material.

Kadmiumhalterna i sedimenten överstiger både kanadensiska riktvärden och HaV:s förslag till riktvärden för sediment. Kadmiumhalterna i vatten är däremot lägre än miljö kvalitetsnormer och kanadensiska riktvärden. Detta indikerar att det kan finnas risk för sedimentlevande organismer men sannolikt inte för vattenlevande organismer.



11.1 Osäkerheter

Studier av denna typ är alltid förknippade med osäkerheter. Främst är osäkerheterna kopplade till provtagningsmetoder och huruvida representativa prover har analyserats. I massbalansberäkningen finns osäkerheter främst kopplade till de olika metoderna att mäta flöde. Den fasta flödesmätaren vid Emsfors ger sannolikt en god mätning av det verkliga vattenflödet. I Grönskogsområdets kvillar har flödet mätts vid ett tillfälle per månad, vilket ger större osäkerhet eftersom flödet varierar mycket. Längre uppströms har flödet inte mätts utan uppskattats utifrån flödet vid Emsfors och ett avdrag för det tillkommande avrinningsområdet nedströms Fliseryd.

Analyser har gjorts på stickprov, en gång per månad vid den månadsvisa ytvattenprovtagningen (som använts för att beräkna massbalansen) och en gång per kvartal för övrig provtagning. Detta ger osäkerheter eftersom halterna varierar över året. Dessa osäkerheter illustreras av att halterna vid den månadsvisa provtagningen i föreliggande studie i flera fall skiljer sig från halterna vid SLU:s månadsvisa provtagning i samma provpunkt (E7/YV12). Kadmiumtillskottet vid Jungnerholmarna utgör en osäkerhet, då halterna från föreliggande studie skiljer sig markant från halterna vid Emåförbundets provtagning i närliggande punkt (E2/YV03).

Inom undersökningen har ett förhållandevis stort antal provplatser använts, 13 punkter för ytvattenprovtagning och sex punkter för övrig provtagning. Lokalerna har valts ut för att vara representativa och för att kopplas till förekomst av sedimentansamlingar. Trots detta finns osäkerheter kopplat till att endast dessa utvalda delar av Emån har undersökts.

Osäkerheter finns också kopplat till det aktuella mätårets representativitet, då vintern var ovanligt mild med ovanligt höga flöden och vårflo den ovanligt liten.

12.0 ÅTGÄRDSMÖJLIGHETER OCH FORTSATTA UNDERSÖKNINGAR

Av de 22 kg som under året transporterades ut i Östersjön kom 4 kg från uppströms belägna källor, 3-11 kg från Fliseryd och 3 kg från sedimenten i Grönskogsområdet. Övriga 7-15 kg kom från oidentifierade källor längs åsträckan. Om belastningen inte bedöms vara acceptabel och åtgärder skulle vara motiverade behöver källorna identifieras.

12.1 Fortsatta undersökningar

För att hitta de kadmiumkällor som inte lokaliserats i denna studie krävs utförligare undersökningar av delar av åsträckan där tillskott sker. Golder bedömer att våtmarkerna omkring ån är en sannolik källa till föroreningar. Dessutom anser Golder att det finns osäkerheter kring hur mycket kadmium som sprids från Jungnerholmarna. Därför fokuseras undersökningarna på dessa två områden.

12.1.1 Jungnerholmarna

Spridning från Jungnerholmarna kan ske med grundvatten, ytavrinning eller erosion av förorenade partiklar från strandzonen. Strandzonen har undersökts i föreliggande studie och förefaller inte bidra med några nämnvärda kadmiummängder. Spridningen via ytavrinning bedöms vara liten, eftersom de ytliga jordlagren är skiftade mot rena massor. Kvarstår gör grundvattenspridning. Det finns idag ett antal befintliga grundvattenrör på Jungnerholmarna, 12 rör installerades efter saneringen. Rören är skyddade av foderrör och de flesta var vid fältbesök år 2012 låsta. Rörens skick är okänt, senast utförda provtagning var i december 2003. Grundvattenundersökningar på Jungnerholmarna bör inledas med en inventering av befintliga grundvattenrör och provtagning i de rör som är i brukbart skick. Analys bör göras på filtrerat vatten,



eftersom det är den lösta fasen som sprids med grundvatten. Provtagning rekommenderas att ske minst en gång per kvartal under ett år. För att kunna bedöma spridningen krävs kunskap om jordens genomsläpplighet varför även hydrogeologiska tester och kontinuerlig nivåmätning bör genomföras. Detta senare kan göras genom installation av s.k. divers i ett antal grundvattenrör samt i Emån. Om tillräckligt många rör är i brukbart skick kan en ny spridningsberäkning för Jungerholmarna göras.

Förutsatt att samtliga 10 rör är intakta bedöms provtagning, analyser och utvärdering av grundvattenprover uppskattas kostnaden grovt till 200 000- 250 000. Hydrogeologiska utredningar inklusive utvärdering uppskattas grovt till 100 000- 150 000.

12.1.2 Våtmarker omkring Emåns nedre delar

Våtmarker finns längs nedre delen av Emån, i stort sett hela sträckan mellan Gåsgöl och utloppet (se Figur 38). Våtmarkernas utbredning från ån varierar, liksom vilken typ av våtmarker det rör sig om (öppna vassar, mader, sumpkärr eller ängar). Våtmarkerna är i sin tur ofta omgivna av fuktiga skogstyper, såsom sump- och svämskogar. I alla dessa våtmarkstyper och även i sump- och svämskogarna kan kadmium finnas upplagrat. Vattnet i Emån kan ha följt kanaler in i våtmarkernas fuktigare delar och även spridit sig ut i stora delar av våtmarkerna, vid höga flöden och vattenstånd. Våtmarker består av stora mängder organiskt material och vattnet filtreras genom detta, vilket innebär att det kan förmodas finnas goda förutsättningar för fastläggning. Våtmarkerna kan därmed ha en stor kadmiumpool, som kan fortsätta att frisättas under lång tid framöver. Vattnet har sannolikt rört sig i ett komplext tredimensionellt mönster när kadmium har avsatts i våtmarkerna och vattnet som idag rör sig genom områdena och för med sig kadmium tillbaka till Emån följer sannolikt även det ett komplext mönster. Det innebär att kadmiumhalterna i våtmarkerna kan variera mycket, förmodligen på korta avstånd.

För att avgöra om kadmium finns upplagrat i våtmarksområdena och om detta kan spridas till Emån och därmed förklara delar av det ökända påslaget och fastläggningen längs med å-sträckan krävs undersökningar av aktuella områden. Fokus bör ligga på zonerna närmast Emån, eftersom det sannolikt flödat mest vatten i dessa områden. Även kanaler där vattnet kan ha gått in i våtmarken bör undersökas. En inledande kartering av våtmarkerna mellan Gåsgöl och Grönskog, där de olika våtmarkstyperna lokaliseras, bör ligga till grund för fortsatta undersökningar, som då kan fokusera på områden där åvatten kan flöda.

Kadmium kan frigöras från det organiska materialet vid låga redoxpotentialer. Vid höga flöden kan markerna vattenfyllas så att syreförhållandena försämrats och redox sjunker. Således skulle kadmium kunna frisättas under begränsade tidsperioder. Det innebär att det kan vara svårt att mäta kadmiumhalterna i vattnet utan att riskera att missa dessa halttoppar. Enkom stickprovtagning är inte en lämplig mätmetod, utan istället bör passiva provtagare användas, som samlar in förorening under en längre tid. Den största andelen av kadmiumen i ån förefaller vara i löst form, vilket är fördelaktigt vid användning av passiva provtagare.

Det kan finnas viss årstidsvariation i hur kadmium beter sig i områdena. I föreliggande studie har det konstaterats att kadmiumtillskott skedde på sträckan Jungerholmarna – Grönskogsområdet under sommaren och på sträckan mellan sjöarna och utloppet under vintern. Om detta är representativt för alla år är inte känt. För att få en god bild av eventuell föroreningsspridning från våtmarkerna bör undersökningar genomföras under ett års tid.

Undersökningarna bör främst fokusera på våtmarkerna närmast Jungerholmarna, den ursprungliga källan. Detta trots att denna del av ån under det aktuella mätåret främst fungerade som en fälla för kadmium. Golder bedömer att det kan variera från år till år huruvida ett område fungerar som källa eller fälla och det är av intresse att förstå både hur kadmium fastläggs och frisätts från våtmarkerna. Nerängarna, som tidigare



undersökts, ligger långt nedströms i å-systemet vilket kan vara en anledning till att uppmätta halter där inte varit så höga.

I beslutet för upprättandet av naturreservaten Emsfors-Karlshammar och Åby (Lst Kalmar län, 2014a och 2014b, se vidare kapitel 10.4.3) anges att det inom reservatet är förbjudet att "borra, spränga, gräva, schakta, muddra, påla, utfylla eller tippa" (föreskrift A9). Samma skrivelse finns i beslutet för bildande av naturreservatet Åby. Detta kan innebära begränsningar vad gäller saneringsmöjligheter om förorening skulle påträffas och ett åtgärdsbehov finnas. Föreskrifterna rörande naturreservaten behöver också beaktas inför fältundersökningar av områdena.

Nedanstående kostnadsuppskattning baseras på att undersökningarna inleds med en kartering av våtmarkstyp, följt av installation av 15 grundvattenrör medelst torvborr med uttag av fasta prover, som analyseras för totalhalter, organiskt kol och lakegenskaper. Därefter installation av passiva provtagare i grundvattenrören vilka byts ut månatligen under ett års tid med samtida mätning av vattennivå och fysikalisk-kemiska parametrar. Analyser av metallhalter och löst organiskt kol. Dessutom installeras passiva provtagare i fem lokaler i Emån längs med våtmarken för att mäta påslag i Emån, vilka även de töms månatligen. Baserat på ovanstående bedöms en grov budget för undersökningar av våtmarkerna inklusive rapportering uppgå till 1 000 000 – 1 500 000 kr.

12.1.3 Komplettering av Emåförbundets och SLU:s fasta provpunkter

Idag finns fasta provpunkter i Emån vid Fliseryd och vid Emsfors. Dessa provtas månatligen av Emåförbundet respektive SLU. En komplettering av dessa provpunkter med en punkt mellan Gåsgöl och sjöarna (i nivå med YV04) och en punkt efter sjöarna men före översvämningssområdena vid Berggöl skulle ge information om var kadmium tillkommer och eventuellt fastläggs längs med Emån. Flödet från den fasta flödesstationen vid Emsfors skulle kunna användas för upprättande av massbalans i samtliga punkter, på samma sätt som gjorts i föreliggande studie.

Förutsatt att provtagningen kan genomföras i samband med befintligt provtagningsprogram uppskattas en budget för månatlig provtagning och analys i två punkter till 50 000 – 100 000 kr/år.

12.1.4 Biotaundersökningar

Kadmiumhalterna i sedimenten är förhöjda i jämförelse med kanadensiska riktvärden, vilket kan innebära en risk för sedimentlevande organismer. En rad tidigare undersökningar av biota har genomförts (se t.ex. Lithner et al, 1994 och Mönsterås kommun, 2004), som Golder inte har studerat inom ramen för föreliggande undersökning. För att bedöma om vidare undersökningar krävs behöver det tidigare materialet granskas. Vidare undersökningar kan både omfatta studier för att bedöma miljörisker men också studier inriktade mot konsumtion av matfisk. Detta eftersom Grönskogsområdet är ett populärt fiskeområde.

Analys av kadmiuminnehållet i lever och muskel från abborre har genomförts under hösten 2014. En miljö- och hälsoriskbedömning med utgångspunkt i dessa data redovisas i Bilaga G. Resultaten från riskbedömningen har inte inkluderats i föreliggande studie.



12.2 Åtgärdsalternativ

Förutom spridningen från området omkring Jungerholmarna är spridning från området mellan sjöarna och Emsfors den största källan till kadmium. Vad som orsakar denna spridning är inte känt. Sannolikt finns det flera olika föroreningskällor vilket innebär att eventuella åtgärder också kan behöva se ut på olika sätt. Det bör beslutas vad som är acceptabelt, både i form av påverkan på Emån och kadmiumläckage ut i Kalmarsund samt hur snart läckaget behöver minska för att därefter utforma fortsatta åtgärdsinriktade undersökningar.

Jungerholmarna är som tidigare nämnts en känd källa. Kadmium transporteras sannolikt därifrån med grundvatten. Exakt hur denna transport går till och hur den skulle kunna åtgärdas är dock inte känt utan ytterligare undersökningar krävs (se 12.1.1).

Grönskogsområdet är en annan känd källa, som enligt föreliggande studie bidrar med 13 % av den totala kadmiumtransporten. Främst finns förorenade sediment i Kärrhultesjön. Med utgångspunkt i resultaten från föreliggande studie bedöms inte täckning vara en lämplig åtgärdslösning eftersom resuspension och omrörning sannolikt sker i den västra delen av sjön. Alternativ kan då vara att stabilisera kadmium så att det inte lämnar sedimenten, eller att avlägsna de förorenade sedimenten från sjön genom muddring. Ett annat alternativ kan vara att leda om åns vatten och därmed "koppla bort" sjöarna. Huruvida ett eller flera av dessa alternativ är lämpliga i Emån behöver utredas ytterligare.



13.0 REFERENSER

- Bergbäck, B. & Carlsson, M.** (1995). Heritage of cadmium and lead. A case study of a Swedish accumulator factory. *The Science of the Total Environment* 166 (1995) 35-42
- CCME - Canadian Council of Ministers of the Environment.** (2014). *Canadian Environmental Quality Guidelines*. [online]. Tillgänglig på:
http://www.ccme.ca/en/resources/canadian_environmental_quality_guidelines/index.html [2014-10-15]
- Emåförbundet.** (n.d.) *Syrgas och temperaturprofiler*. [online]. Tillgänglig på:
http://www.eman.se/se/vattenkvalitet/syrgas_och_temperaturkurvor [2014-10-06]
- Emåförbundet.** (1996). *Områdesbeskrivning för Emåns delavrinningsområde. 1. Huvudfårans utlopp*.
- Hammar, T.** (2014). Epost – kadmiumemissioner till vatten. (2014-12-11)
- Hermansson, C. & Holmström, H.** (2004). *Mobilisering och immobilisering av bly och kadmium i sjösediment – Jämförelse av bly och kadmiums geokemi i Tjursbosjön och Grönskogssjön*. Projekt Gladhammars gruvor Västerviks kommun, delrapport 2004:16
- Johansson, Å., Falk, H. och Denward, M.** (2003). *Metallhalter i torv från våtmarker vid Nerängarna i anslutning till Emån*.
- Lithner, G, Borg, H., Carlsson, D., Holm, K., Johansson, A.M. och Korhonen, M.** (1994). *Metallförorening och återhämtning i Emåns nedre lopp 1971-1993*, ITM rapport 27
- Lst Kalmar län.** (2014a). *Naturrestatet Emsfors-Karlshammar. Beslut och skötselplan*. Diariernr 511-7350-11
- Lst Kalmar län.** (2014b). *Bildande av naturrestatet Åby i Mönsterås kommun i Kalmar län*. Diariernr 511-3418-12
- Mönsterås kommun.** (2004). *Efterbehandling av Jungnerholmarnas industriområde. Slutrapport och erfarenhetsåterföring*.
- Naeslund och Josephson.** (1993). *Sedimentprovtagning och bottenkartering i Emån (Sträckan Fliseryd-Emsfors)*.
- NV – Naturvårdsverket.** (2009). *Riktvärden för förorenad mark*. NV rapport 5976
- NV – Naturvårdsverket.** (2014). *Kartverktyget Skyddad Natur*. [online]. Tillgängligt på:
<http://skyddadnatur.naturvardsverket.se/> [2014-12-10]
- SGU.** (2013). *Bedömningsgrunder för grundvatten* SGU-rapport 2013:01
- SLU – Sveriges Lantbruksuniversitet.** *Institutionen för vatten och miljöns datavårdskap. Emån, Emsfors*. [online]. Tillgänglig på: [http://info1.ma.slu.se/max/www_max.acgi\\$Station?ID=Intro&pID=5&sID=100](http://info1.ma.slu.se/max/www_max.acgi$Station?ID=Intro&pID=5&sID=100) [2014-11-11]
- SMHI.** (2003). *Översiktlig översvämningskartering längs Emån, sträckan från sjön Grumlan till Östersjön samt biflödet Silverån från Silverdalen*. Rapport nr 37, 2003-01-30.
- SMHI.** (2014a). *Nederbörd*. [online]. Tillgänglig på: <http://www.smhi.se/klimatdata/meteorologi/nederbord>



SMHI. (2014b). *Älvgruppsmöte Emån 2014-06-09. Statistik station Emsfors.* Powerpoint-presentation. Data från mätstation Emsfors vattenwebb.smhi.se.

VISS – Vatteninformationssystem Sverige. Emån: mynningen Emområdet-Lillån. Vattenförekomst EU_CVD: SE633443-153993. [online] Tillgänglig på:
<http://www.viss.lansstyrelsen.se/Waters.aspx?waterEUID=SE633443-153993> [2014-12-08]



GOLDER ASSOCIATES AB

Stockholm, dag som ovan

Stockholm, dag som ovan

Hanna Almqvist
Handläggare

Henrik Eriksson
Uppdragsledare

HA/HE

Org.nr 556326-2418

VAT.no SE556326241801

Styrelsens säte: Stockholm

\\sto1-s-main01\\projekt\2012\1270114 emån\rapporter och pm\miljörisksrapport\slutversion\miljörisksrapport slutversion.docx



BILAGA A

Figurer och kartor



BILAGA B

Undersökningsprogram



BILAGA C

Sedimentkartering



BILAGA D

Resultat



BILAGA E

Hydrologisk summering av mätåret.

Författare: Ilan Lesham, Emåförbundet



BILAGA F

Geochemistry of cadmium



BILAGA G

Miljö- och hälsoriskbedömning med avseende på kadmium i
abborre från Emåns nedre delar

Golder Associates är en global medarbetarägd organisation med över 50 års erfarenhet, som i sin rådgivning verkar för att använda jordens möjligheter utan att påverka dess integritet. Vi tillhandahåller kostnadseffektiva lösningar som hjälper våra kunder att nå sina mål inom hållbar samhällsutveckling genom oberoende rådgivning, design och konstruktionslösningar inom våra specialismråden miljö, jord, berg och vatten.

För mer information, besök golder.com

Afrika	+ 27 11 254 4800
Asien	+ 86 21 6258 5522
Europa	+ 44 1628 851851
Oceanien	+ 61 3 8862 3500
Nordamerika	+ 1 800 275 3281
Sydamerika	+ 56 2 2616 2000

solutions@golder.com
www.golder.com

Golder Associates AB

Box 20127

104 60 Stockholm

Besöksadress: Östgötagatan 12, 116 25 Stockholm

Sverige

T: 08-506 306 00

