

# SWECO Environment

Litteraturstudie

## Samband mellan halter av zink och kadmium i miljön

### Naturvårdsverket

**Malmö 2012-03-07**  
**SWECO Environment AB**

Uppdragsnummer : 1270558

Niklas Törneman

Martin Bjarke

**Sweco**  
Hans Michelsensgatan 2  
Box 286, 201 22 Malmö  
Telefon 040-16 70 00  
Telefax 040-15 43 47  
[www.sweco.se](http://www.sweco.se)

Sweco Environment AB  
Org.nr 556346-0327  
säte Stockholm  
Ingår i Sweco-koncernen



# Innehåll

Innehåll	4
Sammanfattning	5
Summary	6
1 Introduktion	7
1.1 Bakgrund och syfte	7
1.2 Metod och underlag	7
2 Källor till kadmium och zink i miljön	9
3 Halter och samvariation i miljön	11
3.1 Askor	11
3.2 Ytvatten	11
3.3 Slam från ARV	13
3.4 Dagvatten från vägar	14
3.4.1 Dagvattensediment	15
3.5 Lakvatten från avfallshantering	16
3.6 Sediment	18
4 Slutsats och diskussion	19
Referenser	20



# Sammanfattning

Zink och kadmium är två vanligt förekommande ämnen i den yttre miljön. Kadmium är ett prioriterat ämne<sup>1</sup> enligt ramdirektivet för vatten samt ett utfasningsämne. Zink har identifierats som ett problemämne i Sverige, bl.a. genom sin status som ett s.k. särskilt förorenande ämne i ramdirektivet för vatten. Zink och kadmium är kemiskt besläktade och kadmium förekommer tekniskt och som förorening ofta tillsammans med zink.

Denna litteraturstudie inriktar sig på att undersöka om det finns samvariation mellan halterna av zink och kadmium i miljön, samt att utreda orsaker till eventuella samvariationer och om det därvid finns behov av att uppmärksamma detta i den nationella miljöövervakningen.

I denna rapport har möjliga förklaringar till samvariation mellan utsläpp av zink och kadmium eftersökts i litteraturen och mätdata för halter av zink och kadmium inhämtats från nationella databaser samt miljörapporter. Med hjälp av regressionsanalys har eventuella samvariationer mellan de två ämnena studerats.

## Slutsats

Det finns tydlig positiv samvariation mellan zink och kadmium i de miljömatriser som kan anses vara mer påverkade av olika mänskliga aktiviteter (lakaskor, ytvatten i kalkade sjöar, slam från avloppsreningsverk, urbana dagvatten). I mer opåverkade miljöer (ytvatten vid flodmynningar samt opåverkade sjöar) saknas tydlig samvariation. För limniska och marina sediment är en positiv samvariation tydlig vid högre halter av zink.

---

<sup>1</sup> Ämnen som anges i bilaga 10 till ramdirektivet för vatten samt bilaga 2 till direktivet om miljö kvalitetsnormer för



# Summary

Zink and cadmium occurs relatively frequently in the environment. Cadmium is a priority substance according to the water framework directive as well as a phase-out substance. Zink has been identified as a substance of concern in Sweden for instance through its status as a river basin specific pollutant according to the water framework directive. Zinc and cadmium are also chemically related and commonly occur simultaneously in various technical materials.

The purpose of this literature study has been to investigate the co-occurrence of Zink and cadmium in the environment and to assess possible causes of any correlations. The ultimate aim has been to assess whether there is a need to consider such co-occurrence within the Swedish national monitoring of these metals. No specific hypotheses has been put forward, rather this has been an unprejudiced and investigatory study.

Information has been gained from databases supported and provided by various national authorities as well local, regional and national reports produced under the auspices of various environmental monitoring programs and permit related projects. Correlation and regression analysis has been used to quantify co-occurrence between zink and cadmium in various matrixes.

## Conclusions

There is generally a positive co-occurrence between cadmium and zink in environmental matrices which may be considered to be more influenced by anthropogenic activities (waste incineration ashes, surface water in limed lakes, WWTP sludge and urban storm water) as opposed to river mouths and background lakes where there is less anthropogenic impact. In marine and limnic sediments, there is basically no co-occurrence below 2000 mg/kg while there is a very clear positive co-occurrence from 2000 mg/kg and upwards.



# 1 Introduktion

## 1.1 Bakgrund och syfte

Zink och kadmium är två mycket vanligt förekommande ämnen i den yttre miljön. Kadmium är ett prioriterat ämne<sup>2</sup> enligt ramdirektivet för vatten samt ett utfasningsämne. Zink har identifierats som ett problemämne i Sverige, bl.a. genom sin status som ett s.k. särskilt förorenande ämne<sup>3</sup> (Naturvårdsverket 2008) i ramdirektivet för vatten.

Som grundämne är kadmium besläktat med zink och förekommer tekniskt och som förorening ofta tillsammans med zink. Utsläppen till luft och vatten från metallurgi och ytbehandling har varit stora (Pettersson 2006).

Följande litteraturstudie är inriktad på att utröna i vilken grad det föreligger ett samband mellan dessa ämnen i en rad miljömatriser samt utröna vad ett eventuellt samband beror på. Samvariationen kan dels bero på liknande fysiokemiska egenskaper vilket innebär likartat beteende i den yttre miljön, men också vara relaterat till användning; dels separat förekomst av zink och kadmium i olika produkter där utsläpp sker från samma källa (avfallsanläggningar, avloppsreningsverk, etc.), dels förekomst av zink och kadmium ämnen i samma produkt (byggmaterial, bildäck, etc.).

Nyttan med denna analys är:

- Förståelse av sambandet mellan dessa ämnen kan utgöra ett viktigt underlag vid tolkning av miljöövervakningsdata för zink och kadmium
- Sambanden mellan dessa ämnen kan användas vid utformning och dimensionering av miljöövervakning där dessa ämnen ingår
- Eftersom dessa ämnen till viss del har samma målorgan/receptorer/ekotoxikologisk effektverkan (WHO 2006, IRIS 2005) är samband mellan dessa ämnen av intresse när eventuella samverkans effekter i miljön utreds.

## 1.2 Metod och underlag

I denna rapport sammanställs och bearbetas svenska litteratur- och miljödata på sådant sätt att eventuella samband mellan rapporterade halter kan utvärderas. Detta innebär att följande typ av data inkluderas:

1. Enskilda prov där zink och kadmium mätts kvantifierats
2. Samlingsprov där zink och kadmium mätts och kvantifierats
3. Median- och medelhalter från exempelvis haltmätningar i vattenmatriser

---

<sup>2</sup> Ämnen som anges i bilaga 10 till ramdirektivet för vatten samt bilaga 2 till direktivet om miljökvalitetsnormer för prioriterade ämnen. Dessa ämnen ligger till grund för klassificeringen av kemisk status i ytvatten.

<sup>3</sup> Ämnen som släpps ut i sådana koncentrationer att det kan hindra att god ekologisk status uppnås till år 2015. Särskilda förorenade ämnen ska vägas in i klassificeringen av ekologisk status.



Provmatriser som ingår i litteraturgenomgången är kommunalt avloppsrenings slam, dagvattenslam, sediment, dagvatten, ytvatten och havsvatten, lakvatten från deponier där askor deponerats eller använts som konstruktionsmaterial, samt askor från avfallsförbränning. I alla fall är det totalhalter av metallerna som avses. Källor till information anges vid genomgången av resultat för de olika matriserna.

För varje mätmatris görs samvariationsanalysen endast med enkel regressionsanalys. Multivariat mönsteranalys går ej att tillämpa på denna typ av datamaterial eftersom sambanden mellan zink och kadmium härrör från separata oberoende mätningar i olika matriser. Således finns endast två variabler att utvärdera för varje matris. Eventuellt skulle ytterligare data om varje mätpunkt kunna läggas in som kompletterande icke parametrisk information vilket skulle gett möjlighet att via multivariata analysmetoder öka förklaringsgraden kring observerad samvariation för en viss matris. Givet att ett mycket stort antal mätpunkter/data har använts i denna studie har dock ett sådant angreppssätt legat långt utanför omfattningen av föreliggande studie.

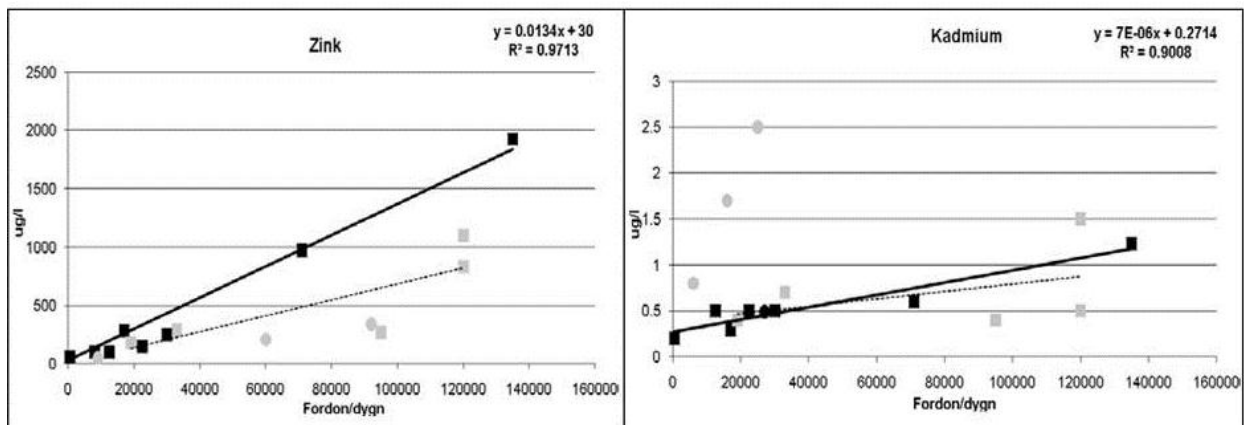


## 2 Källor till kadmium och zink i miljön

Kadmium används och sprids från batterier (Ni-Cd batterier), färgämnen, korrosionsprodukter från galvaniserade produkter och plaster (där kadmium verkar som en stabilisator). Kadmium sprids också vid erosion från kadmiumhaltiga mässingsbromsbelägg (Miljöförvaltningen i Stockholm 1998), erosion av däck och vägbanor, från fordons- och gatutvättar vilket innebär att kadmium i exempelvis dagvatten samvarierar med intensiteten på fordonstrafik (Figur 2-1). Atmosfäriskt nedfall av kadmium härrör exempelvis från förbränning av fossila bränslen (Kemikalieinspektionen 2011) samt från utsläpp vid gruvdrift och från sådan metallindustri där zink hanteras. Detta eftersom kadmium har en stark koppling till zink och förekommer ofta tillsammans med denna tungmetall i naturen, t.ex. i zinkblände, och i andra mineral rika på zink (Eriksson m.fl. 2005). Inflödet av kadmium i oarbetad form samt i avfall och skrot tycks ha ökat mellan 1999 – 2009 (Figur 2-2).

Dessutom har kadmium förekommit i fosforbaserade gödningsmedel vilket tidigare har inneburit spridning av ämnet på åkermark och upptag i grödor (SMED 2005, Petersson 2006).

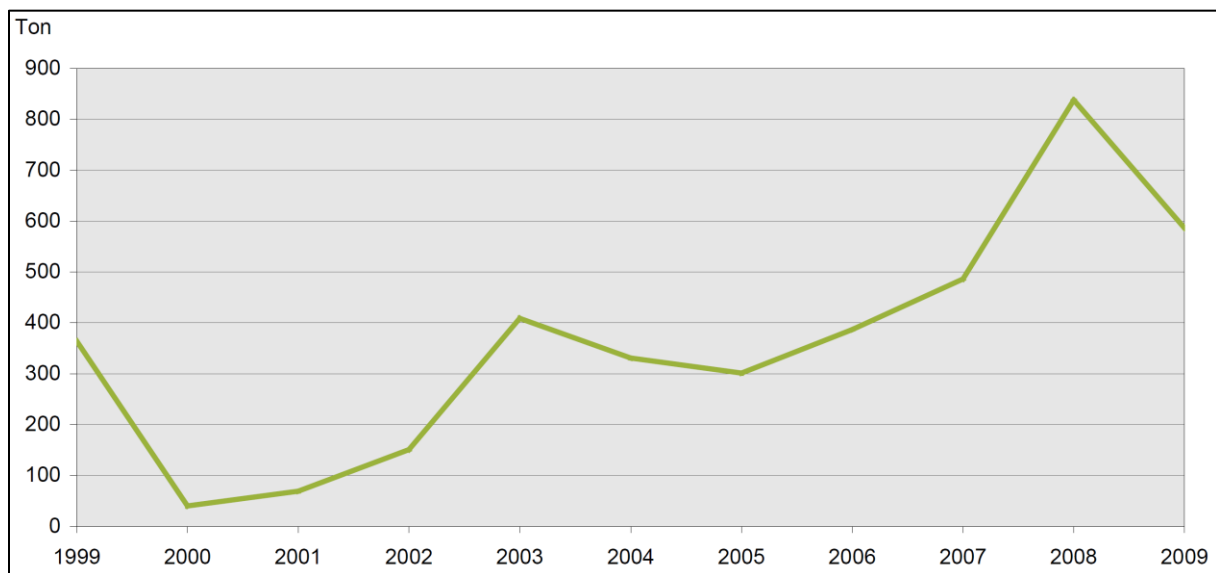
Tidigare screening av kadmium visade inte på några tydliga geografiska mönster i ytvatten. Halter vid opåverkade mätstationer var exempelvis i nivå med halter i mer påverkade områden i Sverige (Sweco 2007) vilket möjligtvis kan förklaras med urlakning av Cd från skogsjordar.



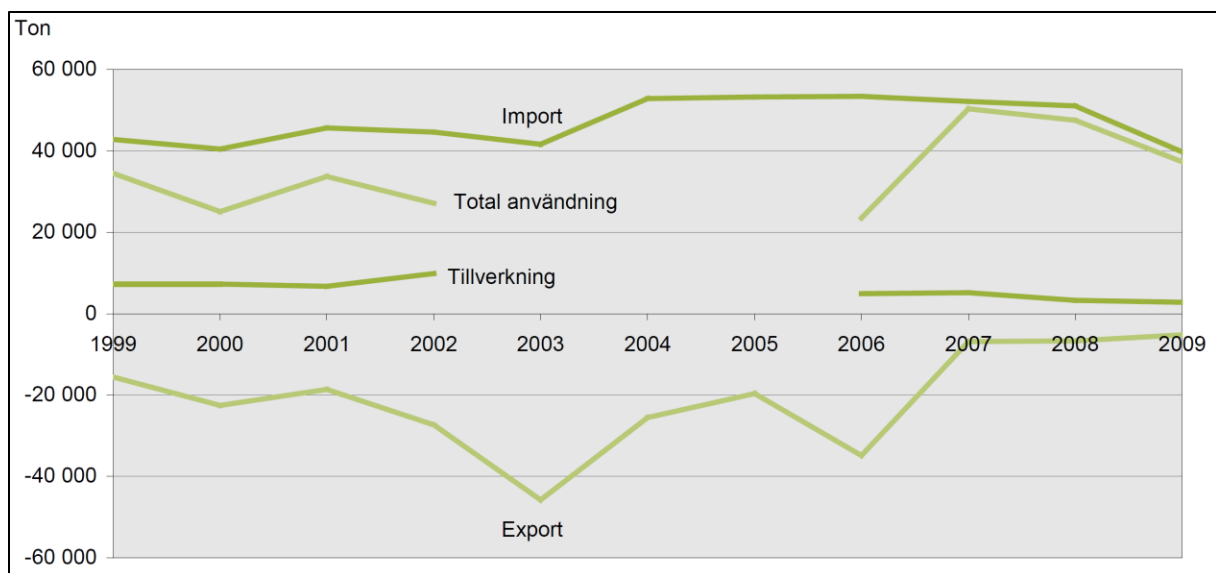
Figur 2-1. Samvariation mellan Kadmium- och Zinkhalter i dagvatten och fordonintensitet på de vägsträckor från vilka dagvattnet härrör. Från Sweco (2010)

Zink förekommer ofta i byggmaterial, t.ex. i galvaniserade ytor som t.ex. vägräcken, lyktstolpar, elskåp och fönsterbleck. När dessa korroderar och slits sprids zink i miljön. Även slitning av fordonsdäck, slitage av bromsklossar och erosion av vägbanor är viktiga källor av Zink till den yttre miljön vilket innebär att zink i dagvatten samvarierar med intensiteten på fordonstrafik (Figur 2-1). Zink används även i batterier (som anod i alkaliska batterier) och legering i exempelvis mässing. Zink i miljön härstammar även från atmosfäriskt nedfall även om detta minskat tack vare minskade zinkutsläpp till luft men även minskad försurning av marken. Förekomsten av en lång rad varor med zinkinnehåll tycks inte minska i Sverige (Figur 2-3).





Figur 2-2. Nettoinflöde av varor med kadmiuminnehåll 1999 - 2009- Varor definieras här som kadmium i obearbetad form, avfall och skrot, etc. med kadmiuminnehåll. Från SCB (2009).



Figur 2-3. Flöden av varor med zinkinnehåll 1999 - 2009- Varor definieras här som zink i obearbetad form, avfall och skrot, rör, plåt, pulver etc. med zinkinnehåll. Från SCB (2009).



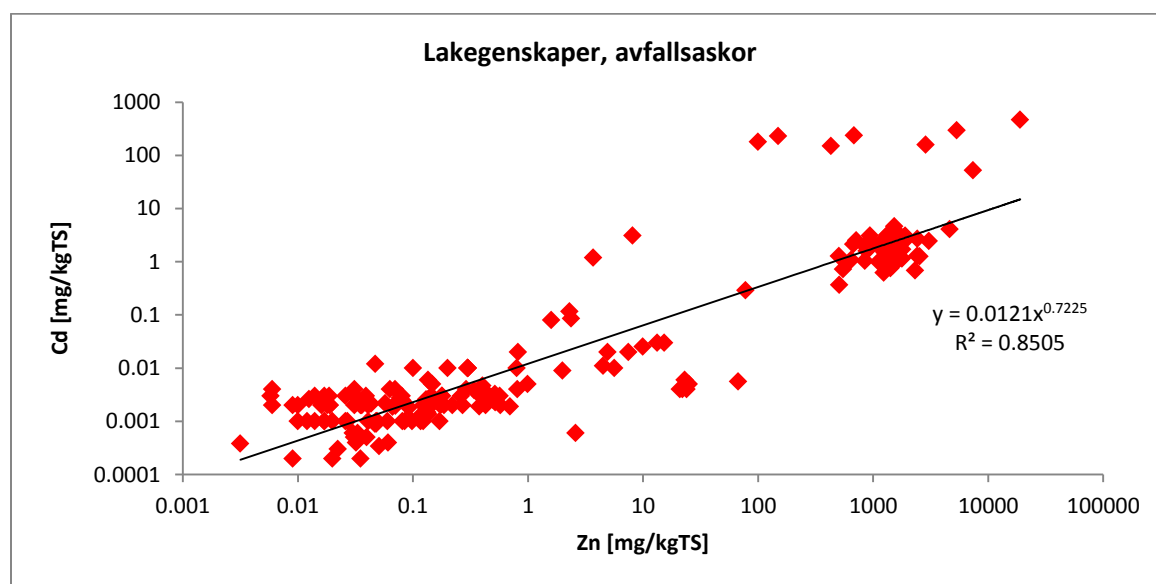


# 3 Halter och samvariation i miljön

## 3.1 Askor

Branschorganisationen Värmeforsk har etablerat databasen Allaska i syfte är att samla den kvantitativa information om askor och deras egenskaper som framkommer i Sverige<sup>4</sup>. I databasen har Zn och Cd mätts vid 276 olika lakttest och i olika typer av lakväschor. I nedanstående figur har alla samtidiga mätningar av zink och kadmium förts in i en regressionsanalys (Figur 3-1), vilken visar på ett potenssamband mellan de två variablerna. För varje askprov har i vissa fall flera olika testtyper genomförts vilket förklarar den stora variationen i halter som uppmätts.

Det finns uppenbarligen en viss positiv korrelation mellan zink och kadmium i askor. Den logaritmistiska skalan visar också att det finns en mycket stor variabilitet i denna samvariation som innebär att för en given kadmiumkoncentration kan zinkkoncentrationen variera med en faktor 10 kring det värde som regressionskvationen förutsäger.



Figur 3-1. För avfallsaskor finns ett generellt icke-linjärt samvariation mellan Zn och Cd.

## 3.2 Ytvatten

Information om halter i ytvatten (sjöar och vattendrag) har hämtats i de databaser som administreras av SLU och som omfattar data från olika nationella miljöövervakningsprojekt<sup>5</sup>.

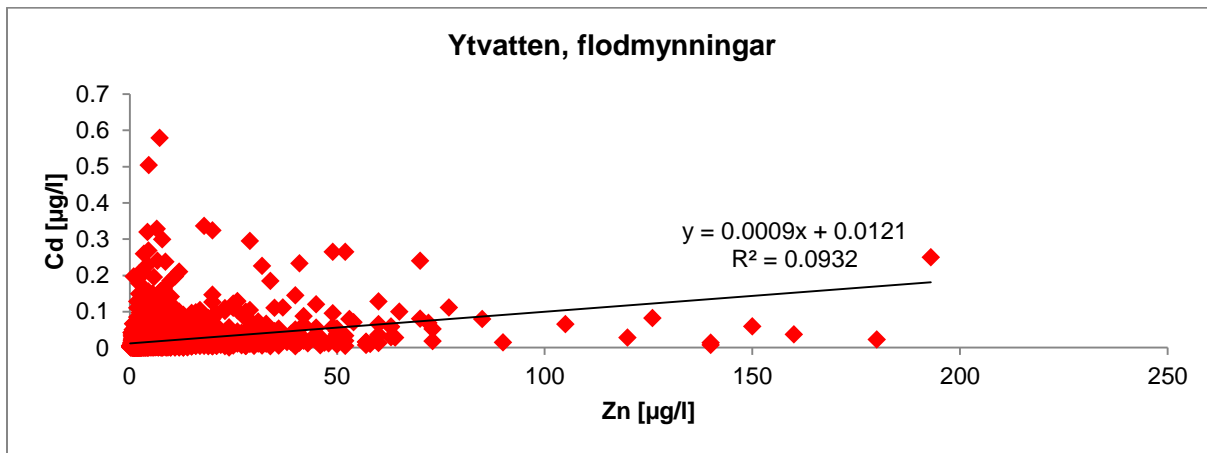
För ytvatten vid flodmynningar saknas generell samvariation mellan Zn och Cd (Figur 3-2). Även om urvalet begränsas till vattendrag med Zn-halter över 60 µg/l, vilket kan anses vara påverkade vattendrag, kan inget samband observeras (Figur 3-3).

<sup>4</sup> <http://www.askprogrammet.com/BakgrundALLASKA.shtm>

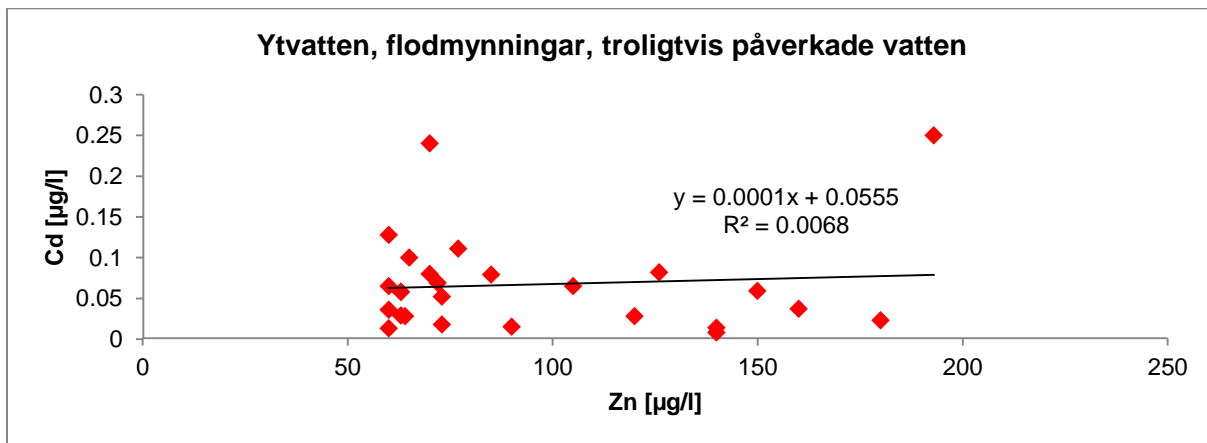
<sup>5</sup> <http://webstar.vatten.slu.se/db.html>



Information om halter i sjöar har inhämtats dels från sjöar som ingår i det nationella programmet för uppföljning av effekter av kalkning i sjöar och vattendrag (IKEU), och dels från sjöar som ingår i trendstationsprogrammet. För sjöar inom IKEU-programmet finns en tydlig samvariation mellan Zn och Cd (Figur 3-4), men någon samvariation tycks inte finnas för sjöarna med trendstationer (Figur 3-5). Sjöarna som ingår i trendstationsprogrammet betraktas som relativt opåverkade av punktutsläpp, vilket också visar sig i de generellt låga halterna Zn och Cd.

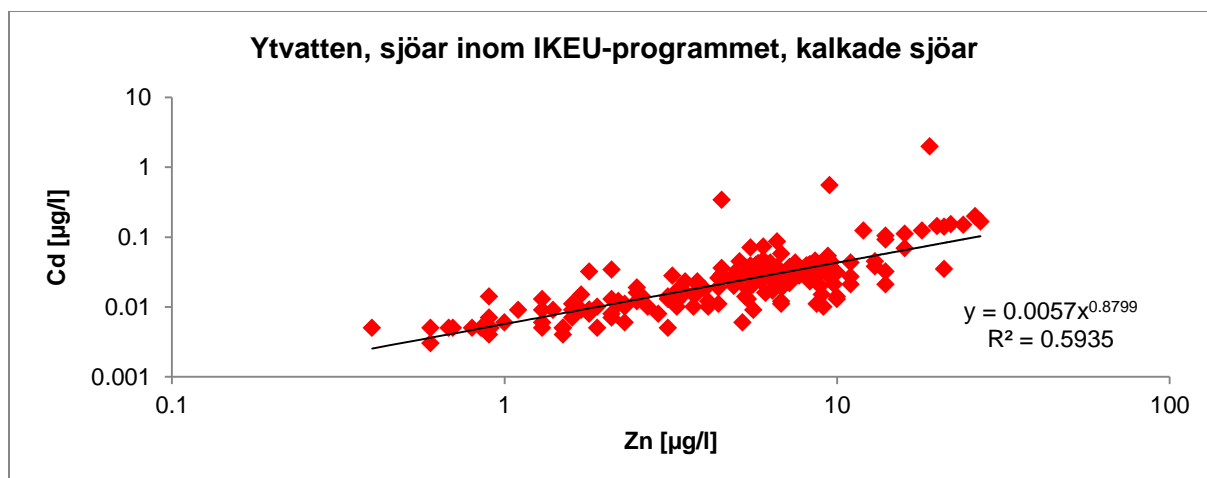


Figur 3-2. För ytvatten vid flodmynningar saknas samvariation mellan Zn och Cd.

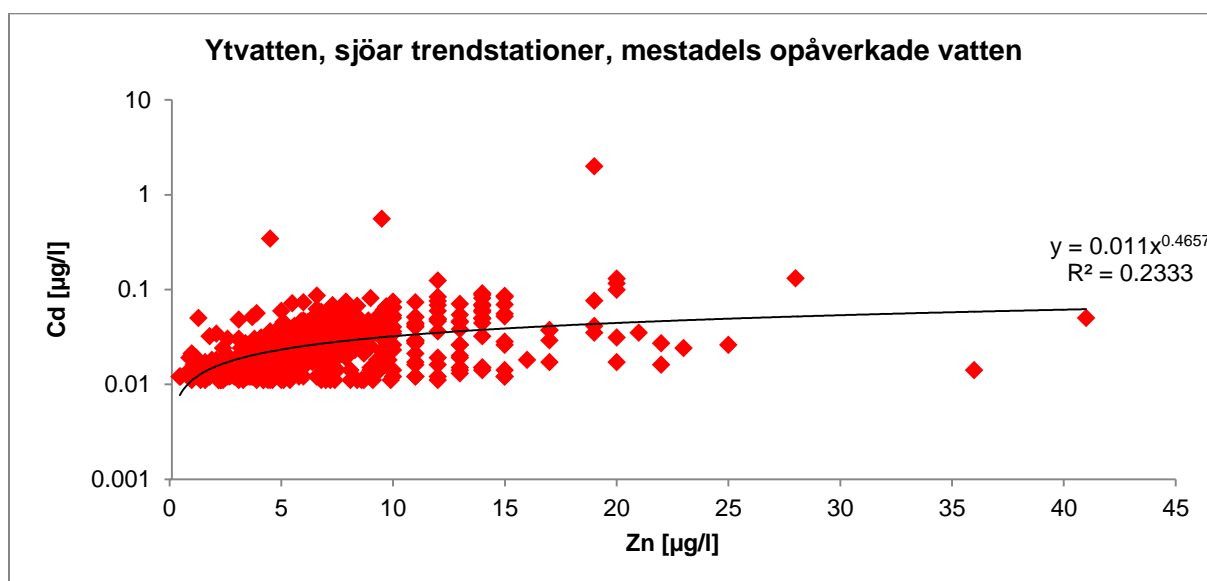


Figur 3-3. För påverkade (Zn-halter över 60  $\mu\text{g/l}$ ) ytvatten i flodmynningar saknas samvariation mellan Zn och Cd.





Figur 3-4. Halter av Zn och Cd i ytvatten hos sjöar som ingår i IKEU-programmet samvarierar generellt med ett icke-linjärt förhållande, även om variationen per prov är relativt stor.



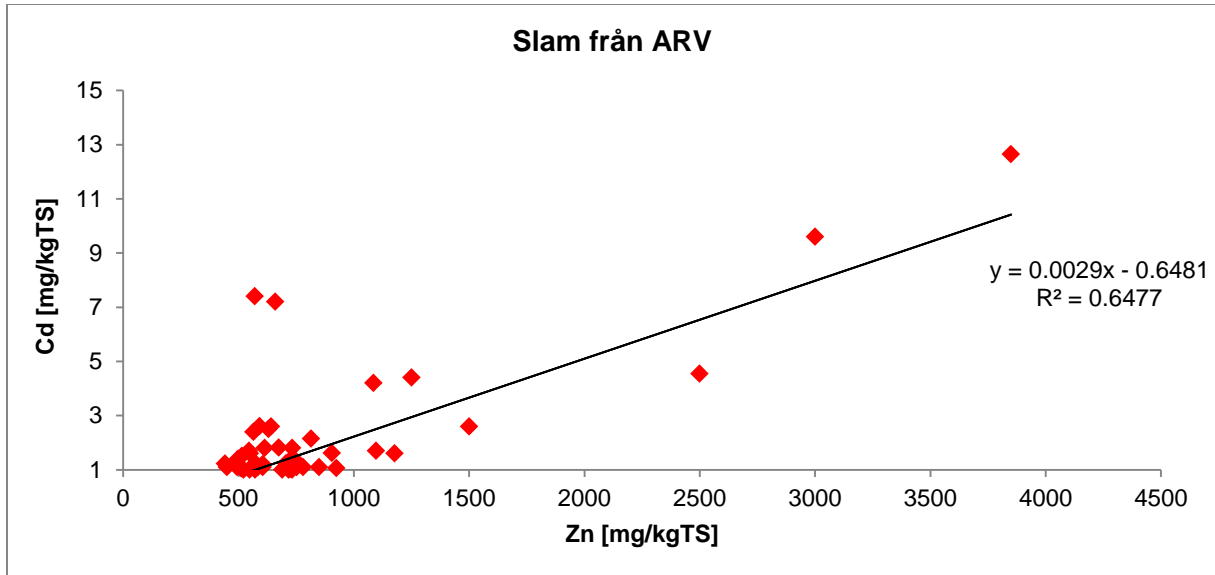
Figur 3-5. Halter av Zn och Cd i ytvattnet hos relativt opåverkade trendsjöar. Ingen tydlig samvariation mellan Zn och Cd observeras.

### 3.3 Slam från ARV

Data i Figur 3-6 **Fel! Hittar inte referensälla.** är inhämtat från Svenska Miljörapporterings Portalen (SMP) till vilken alla tillståndspliktiga verksamheter i Sverige lämnar in en årlig miljörapport<sup>6</sup>. I många fall representerar halterna mätningar i årliga samlingsprov medan de i andra fall är medel- eller medianvärden från ett antal mätningar.

<sup>6</sup> <https://smp2.naturvardsverket.se/>

Som synes finns det en viss samvariation mellan zink och kadmium i slam. Intressant är att denna samvariation kvarstår även vid mycket höga zink och kadmiumhalter vilket tyder på att orsaken till samvariationen beror på samförekomst i olika material (som orsakar en hög belastning på enskilda reningsverk) snarare än att samtidig förekomst av olika material som vars utsläpp/belastning ökar i samma grad.



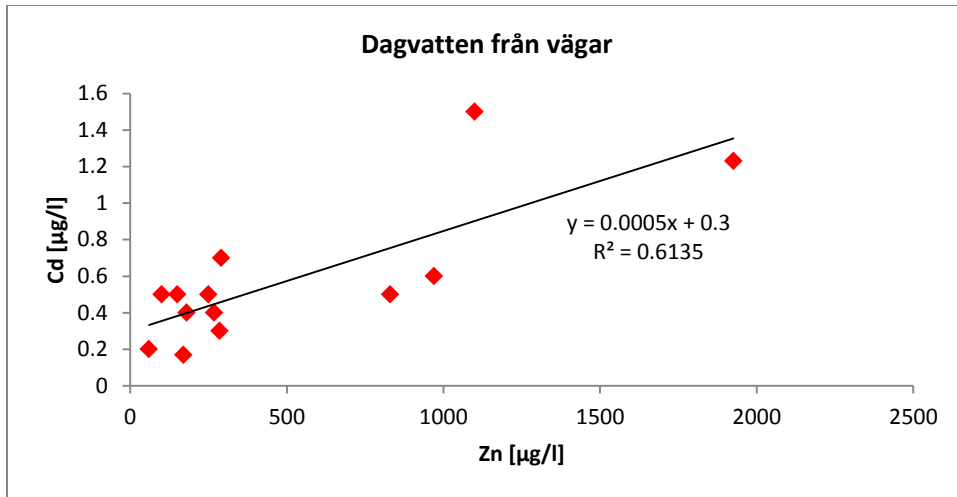
Figur 3-6. För slam från ARV finns en linjärt samvariation mellan Cd och Zn.

### 3.4 Dagvatten från vägar

Halter av metaller i dagvatten kommer från mätningar med tids- eller flödesproportionella samlingsprov vid 14 dagvattendammar i Stockholmsområdet (Larm & Pirard 2010).

Trots den begränsade datamängden finns det uppenbarligen en samvariation mellan zink och kadmium i dagvatten (Figur 3-7) vilket kan förväntas eftersom både ämnena är associerade med fordonstrafik (se Figur 2-1).

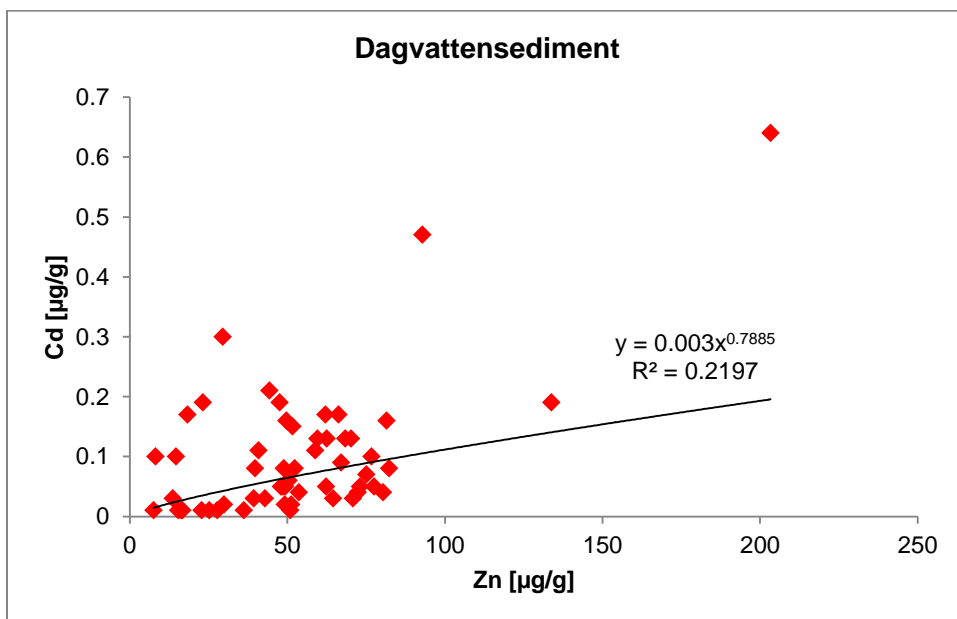




Figur 3-7. En viss samvariation för Zn och Cd observeras för halterna i dagvatten från vägar.

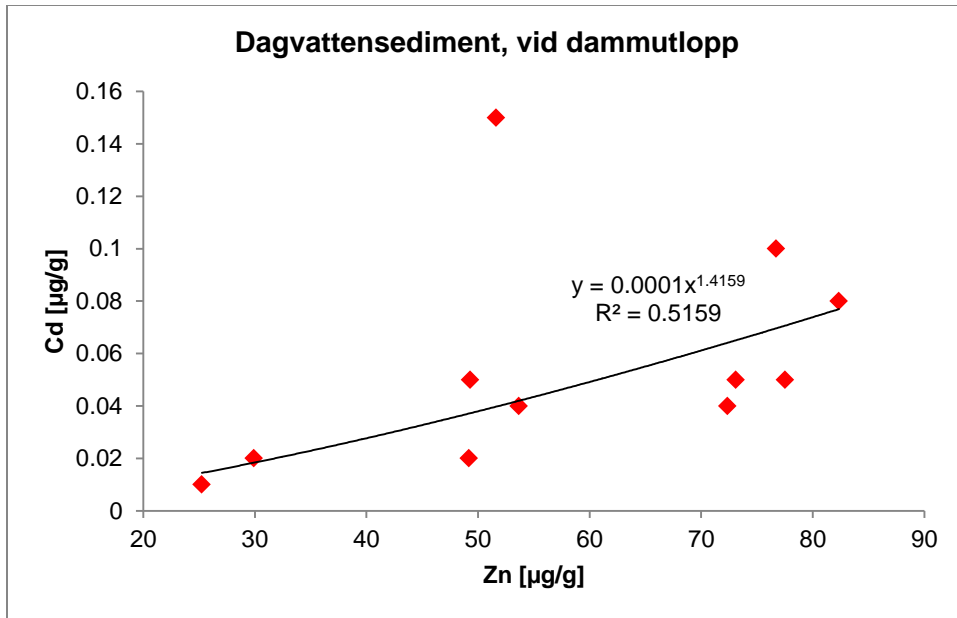
### 3.4.1 Dagvattensediment

Data för dagvattensediment har hämtats från en studie genomförd av Vägverket (2003) i syfte att utvärdera reningsdammar effektivitet. Man har uppmätt halterna av ett antal tungmetaller i 26 dammar. Halterna av zink och kadmium samvarierar generellt inte i dammsediment även om det finns en tendens att höga halter av zink är associerat med höga halter av kadmium (Figur 3-8). För ett antal av de större dammarna har man delat in provpunkterna efter deras placering i förhållande till dammens inlopp och utlopp. På grund av relativt få observationer är de statistiska beräkningarna osäkra, men ett generellt förhållande mellan höga halter av Zn och högre halter av Cd kan observeras (Figur 3-9 och Figur 3-10).

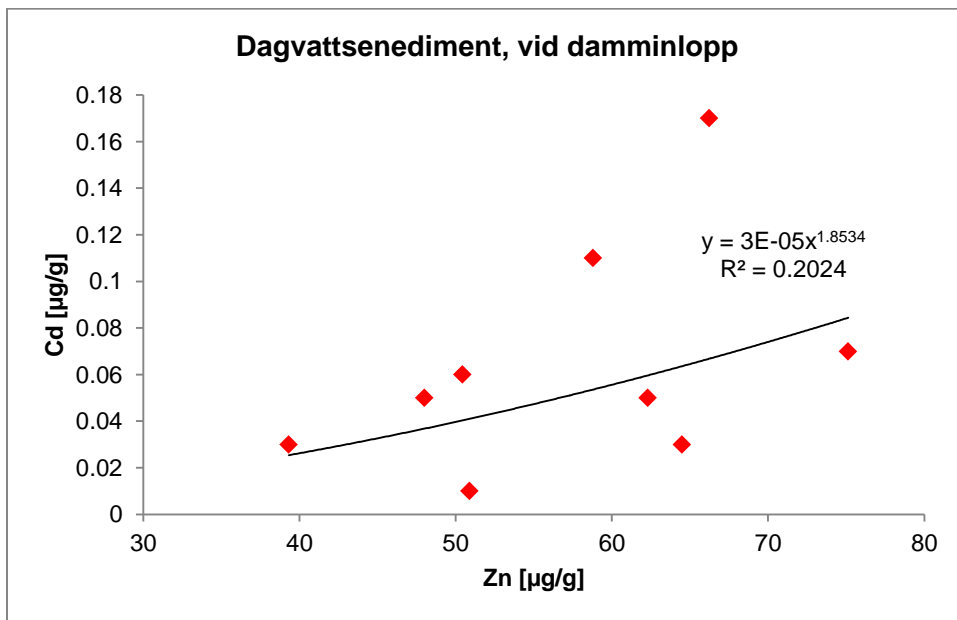


Figur 3-8. Samband mellan zink och kadmium i dagvattensediment.





Figur 3-9. Samband mellan zink och kadmium i dagvattensediment vid utlopp från större dammar.



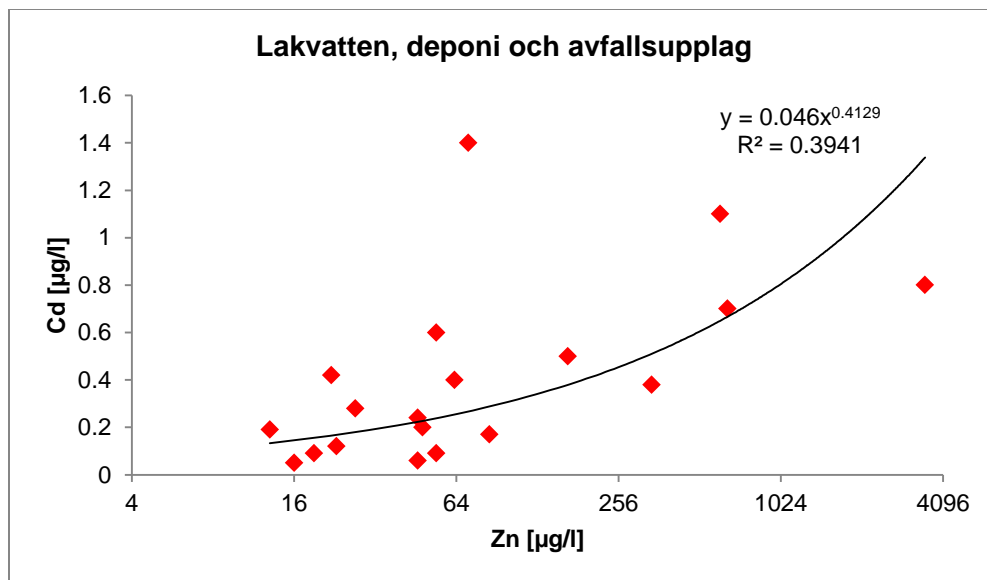
Figur 3-10. Samband mellan zink och kadmium i dagvattensediment vid inlopp från större dammar.

### 3.5 Lakvatten från avfallshantering

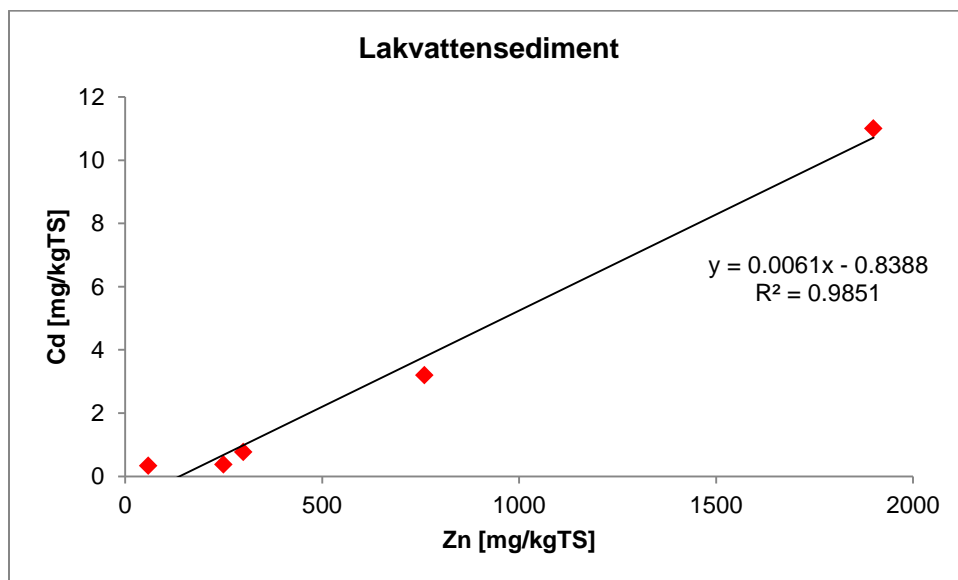
Data för Figur 3-11 härstammar från ett flertal rapporter (Modin et al. 2009, Junestedt 2009 och Öman m.fl. 2000) där lakvatten från 16 stycken avfallsanläggningar i Sverige undersökts. Ofta är halterna från samlingsprov tagna med flödes- eller tidsproportionella provtagare, men i vissa fall är det också enstaka punktprov som mätningar gjorts i.



Trots den begränsade datamängden tycks ett visst samband emellan zink och kadmium förekomma i lakvatten i Sverige. Detta samband tycks också återfinnas vid relativt sett högre halter. I lakvattensediment tycks sambandet vara betydligt starkare även om detta baseras på mycket få datapunkter (Figur 3-12).



Figur 3-11. Samband mellan zink och kadmium i lakvatten från ett antal deponianläggningar i Sverige.

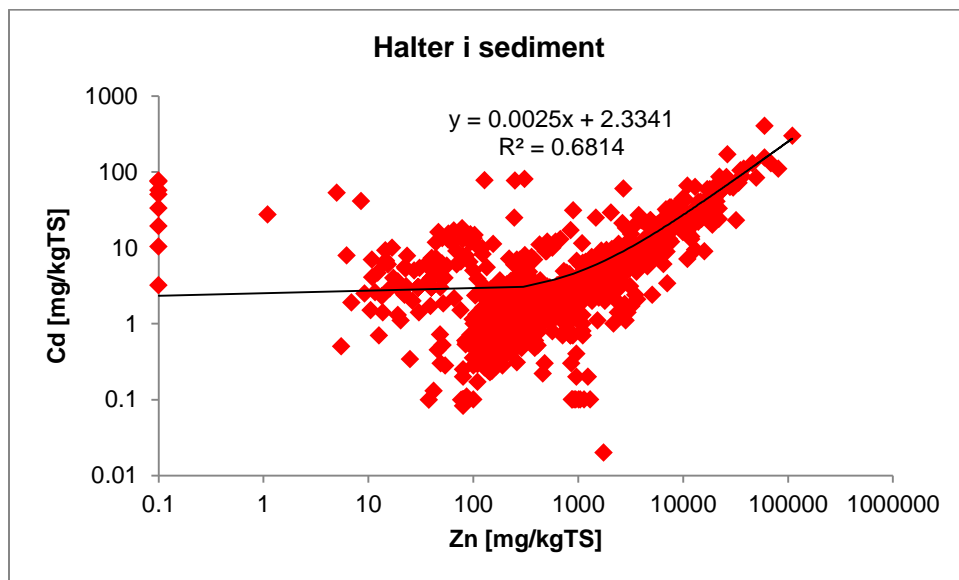


Figur 3-12. Samband mellan zink och kadmium i lakvattensediment från deponianläggningar i Sverige. Datakälla: Öman m.fl. 2000.



### 3.6 Sediment

Sedimentdata (ca 900 mätningar) kommer från SGUs datavärdskap till vilken regionala och nationella limniska och marina sedimentdata rapporteras<sup>7</sup>. Samvariationen mellan zink och kadmium är tydlig vid högre halter av zink (ca >2000 mg/kgTS) (Figur 3-13).



Figur 3-13. Samband mellan zink och kadmium i sediment från hela Sverige. Samvariationen blir tydligare vid högre halter av zink (ca >2000 mg/kgTS).

<sup>7</sup> <http://www.sgu.se/sgu/sv/samhalle/miljo/miljoovervakning/datavard-sediment.html>





# 4 Slutsats och diskussion

Den tydligaste observationen är att det finns en positiv samvariation mellan zink och kadmium i de miljömatriser som kan anses vara mer påverkade av olika mänskliga aktiviteter (askor, slam från avloppsreningsverk, urbana dagvatten och lakvatten) jämfört med mer opåverkade miljöer (ytvatten vid flodmynningar, opåverkade sjöar) där samvariation saknas. Detta är således en klar indikation på kopplingen mellan teknosfären och samvariationen mellan zink och kadmium.

Resultaten från limniska och marina sediment visar att i områden med liten antropogen belastning (lägre koncentrationer i sediment) saknas samvariation mellan zink och kadmium. När sedan halterna ökar (troligtvis pga. av antropogen belastning) återfinns också en tydlig samvariation.

Samvariationen mellan zink och kadmium kan bero på

- liknande fysiokemiska egenskaper vilket innebär likartat beteende i den yttre miljön
- separat förekomst av zink och kadmium i olika produkter där utsläpp sker från samma källa (avfallsanläggningar, avloppsreningsverk, etc.)
- samförekomst av zink och kadmium ämnen i samma produkt (byggmaterial, bildäck, etc.)

Det är i principielt mycket svårt att särskilja mellan dessa ”hypoteser”, även om kvalitativa förslag till förklaringar kan framställas. Exempelvis kan det tolkas som att en samvariation som kvarstår från låga till mycket höga halter i slam från avloppsreningsverk troligare beror på samförekomst av zink och kadmium i produkter/material som belastar reningsverket snarare än förekomst i olika material/produkter vars belastning samvarierar.

Nedanstående tabell framlägger några hypoteser till de samvariationer som observeras i olika matriser. Dock skulle sådana hypoteser behöva testas/bekräftas med mätstudier som följer zink och kadmium från produkt till belastning i slam/reningsverk/dagvatten till belastning i den yttre miljön.

Matris	Övergripande förklaring till samförekomst	Detaljerad förklaring till samförekomst
Dagvatten, dagvattensediment, urbana matriser etc.	Samförekomst i tekniska material/produkter	Samförekomst i trafikrelaterade produktmatriser som bromsbelägg, däck, vägbanor etc. Cd som förorening i zinkprodukter (galvaniserade plåt etc.)
Kalkade sjöar (IKEU)	Liknande fysiokemiska egenskaper	Försurning ökar lösligheten hos både Zn och Cd.
Slam från avloppsreningsverk	Samförekomst i tekniska material/produkter	Cd som förorening i zinkprodukter (galvaniserade plåt etc.) Cd och Zn i färg.



# Referenser

- Eriksson, J., Nilsson, I., Simonsson, M. (2005) Wiklanders Marklära. Studentlitteratur, Uppsala.
- Junestedt, C., Ek M., Stenmarck, Å. (2009) Nya lakvatten – Kemisk sammansättning och lämplig behandling, IVL Svenska miljöinstitutet.
- Kemikalieinspektionen (2011) Kadmiumhalten måste minska – för folkhälsans skull.
- Larm, T., Pirard, J. (2010) Utredning av föroreningsinnehållet i Stockholms dagvatten.
- Miljöförvaltningen i Stockholm (1998) Metallemission från trafiken i Stockholm.
- Modin, H., van Praagh, M., Persson, K. M. (2009) A modern landfill - experiences from Fläskebo landfill, Sweden. Konferensbidrag, Sardinia 2009 Twelfth International Waste Management and Landfill Symposium.
- Naturvårdsverket (2008) Förslag till gränsvärden för särskilda förorenande ämnen.
- Petersson, G. (2006) Kemisk miljövetenskap
- SCB (2009). Sverige Officiella Statistik. Officiella Meddelanden. MI 45 SM 1101. Miljö- och hälsofarliga kemikalier 2009, korrigerad 2011-05-11.
- SMED (2005) Uppskattning av utsläpp för Cd, Hg, Cu och Zn på TRK-områden.
- Vägverket (2003) Vägdagvattendammar – En undersökning av funktion och reningseffekt.
- Öman C., Malmberg, M., Wolf-Watz, C. (2000) Karaktärisering av lakvatten från avfallsupplag, IVL Svenska miljöinstitutet.

